



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Diseño y desarrollo de un chasis de una motocicleta de 250cc para la “II Competición Internacional MotoStudent”

Titulación: Ingeniero Técnico Industrial
Mecánico

Alumno/a: Ismael García García

Director/a/s: Horacio T. Sánchez Reinoso
Manuel Estrems Amestoy

Cartagena, 9 de enero de 2013

ÍNDICE

Página

1. AGRADECIMIENTOS	5
2. OBJETO	6
3. ANTECEDENTES	8
4. INTRODUCCIÓN	9
4.1 Reglamento técnico	10
4.1.1. Dimensiones	10
4.1.2. Pesos	12
4.1.3. Chasis	12
4.1.3.1. Homologación del chasis	12
4.2. Evolución histórica y tipos de chasis	13
4.2.1. Chasis tubulares	15
4.2.2. Chasis con el motor como elemento estructural	18
4.2.3. Chasis de espina central	20
4.2.4. Chasis monocasco	22
4.2.5. Chasis doble viga	24
5. ELECCIÓN DEL CHASIS	26
5.1. Estudio para la elección del tipo de chasis	26
5.1.1. Análisis de las necesidades	27
5.1.2. Evaluación y selección del tipo de chasis	29
5.2. Geometrías	30
5.2.1. Avance	31
5.2.2. Ángulo de lanzamiento	34
5.2.3. Distancia entre ejes	37
5.2.4. Elección de geometrías	38
6. ANÁLISIS DE ESFUERZOS SOBRE LA MOTOCICLETA	40
6.1 Fuerzas durante la máxima frenada con la rueda delantera	41
6.2 Fuerzas durante la máxima frenada con la rueda trasera	42
6.3. Fuerzas durante la máxima aceleración	43
6.4. Fuerzas durante la máxima velocidad de paso por curva	44

7. ESTUDIO, ELECCIÓN Y ANÁLISIS DEL MATERIAL	46
7.1. Estudio y selección del material	47
7.1.1. Titanio	47
7.1.2. Magnesio	47
7.1.3. Acero al cromo-molibdeno	48
7.1.4. Fibra de carbono	48
7.1.5. Acero	48
7.1.6. Aluminio	49
7.1.7. Selección del material definitivo del chasis	49
7.2. Análisis de las propiedades y elección de las aleaciones de aluminio	50
7.2.1. Carga a rotura o resistencia a la tracción	50
7.2.2. Límite elástico	52
7.2.3. Alargamiento	54
7.2.4. Dureza	56
7.2.5. Selección de las aleaciones	58
7.3. Descripción de las aleaciones seleccionadas	58
7.3.1. Aleación 6082-T6	58
7.3.2. Aleación 6063-T5	59
7.4. Análisis y control del material recibido	60
7.4.1. Análisis químico	60
7.4.2. Ensayo de dureza	61
7.4.3. Ensayo de tracción	62
8. DISEÑO, ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CHASIS	65
8.1. Chasis de partida	65
8.2. Diseño intermedio	69
8.3. Diseño final	71
8.3.1. Pipa de dirección	76
8.3.2. Vigas	79
8.3.3. Pletinas	81
8.3.4. Otros componentes	86
8.3.4.1. Sujeción delantera del motor	86
8.3.4.2. Sujeción para la suspensión trasera	88
9. PROCESO DE FABRICACIÓN	91
9.1. Fabricación de la pipa de dirección	91
9.2. Fabricación de las vigas	97
9.3. Fabricación de las pletinas	101
9.4. Fabricación de la sujeción delantera del motor	115
9.5. Fabricación de la sujeción para la suspensión trasera	120
9.5.1. Parte superior	120
9.5.2. Parte inferior	124

9.6. Soldadura	127
9.6.1. Potro de soldadura	127
9.6.2. Orden de soldadura	131
9.7. Cursograma de fabricación	139
10. COSTE DE LA FABRICACIÓN	141
10.1. Coste de los componentes	141
10.2. Coste de soldadura	142
11. RESULTADO FINAL Y CONCLUSIONES	147
11.1. Resultado final	147
11.2. Conclusiones	150
ANEXO 1: REGLAMENTO TÉCNICO MOTOSTUDENT	152
ANEXO 2: CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE LA MOTOCICLETA	169
ANEXO 3: SOLDADURA	175
ANEXO 4: HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS	183
ANEXO 5: ARTÍCULOS DE PRENSA Y OPINIONES ACERCA DEL CHASIS	213
ANEXO 6: PLANOS	214
BIBLIOGRAFÍA	218

1. AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer todo el apoyo recibido a mi novia, Elena; a mis padres, Juan Alfredo y Mariola; y a mi hermano, Juan José. A ella por su inseparable compañía día tras día e inquebrantable apoyo incluso en los momentos más duros. A ellos por sus impagables ánimos y esfuerzos durante todos estos años de estudio. A todos ellos va dedicada la realización de este proyecto.

También quisiera agradecer a Horacio Sánchez, Manuel Estrems y todo el equipo de MotoUPCT la ayuda y los medios prestados para llevar a cabo el presente proyecto. Así como a los patrocinadores que han hecho posible su materialización: Tamar, Rectificados Levante, IES Politécnico, SAIT, Circuito de Velocidad de Cartagena, Albacolor, Pedro Javier Martínez, Turbokit y Motos Cano.

Por último, quisiera acordarme de toda aquella gente: profesores, familiares, amigos o conocidos que en algún momento me hayan ayudado o apoyado.

2. OBJETO

El objeto de este proyecto es el diseño y cálculo estructural del chasis de una motocicleta de competición, así como su desarrollo y posterior fabricación. Concretamente se trata de una motocicleta de 250 c.c. y 4 Tiempos, que posteriormente participará en el circuito de Motorland (Aragón) en la “II Competición Internacional MotoStudent”.

Por tanto, el objetivo será encontrar el diseño más óptimo de chasis que permita obtener una motocicleta lo más competitiva posible. Se entenderá como diseño más óptimo aquel que proporcione la mejor relación rigidez/peso capaz de soportar el peso de todos los componentes de la motocicleta y tenga un buen comportamiento.

Se realizará previamente un estudio de las distintas alternativas y opciones existentes en la actualidad, valorando cada una de ellas y decidiendo aquella que mejores prestaciones ofrezca. Para ello será necesario un intenso proceso de investigación y recopilación de información, en el cual también estará incluida la decisión sobre qué material emplear.

Una vez seleccionado el tipo de chasis y el material que se usará se realizarán diferentes diseños a través del programa de diseño 3D “SolidWorks 2010”, analizándolos mediante el programa de elementos finitos “Ansys” y modificándolos en busca de mejoras. Estas mejoras irán enfocadas principalmente a la reducción de peso, siempre y cuando se mantenga dentro del rango de rigidez aportado por el material.

Por último, cuando se haya definido por completo el diseño del chasis, se procederá a la fabricación de sus componentes y a la soldadura de éstos para la obtención del chasis final y su posterior ensamblaje como elemento fundamental de la motocicleta.

ABSTRACT

The aim of this project is the design and structural calculus of a racing motorcycle chassis as well as its development and later manufacturing. Precisely, we are dealing with a 250 c.c. and 4 Strokes motorcycle that will participate in the "II International MotoStudent Competition" that takes place in Motorland (Aragón).

Therefore, the main aim will be to find the best chassis design in order to get a motorbike as competitive as possible. The best design will be considered the one that provides the best rate between rigidity and weight and is also able to bear the weight of the whole bike as well as having the best performance.

First of all, we will carry out a research in order to know the different options and alternatives about chassis designs. Then, we will decide which one shows the best features. The material selection will be also developed through this intensive researching.

Then, once we have selected the type of chassis and material to be used, we will make some different designs with a 3D program called "SolidWorks 2010". After that, these designs will be analyzed with the FE program called "Ansys" in order to improve them. These improvements will be focused on weight reduction as long as it remains within the range of material rigidity.

Finally, when the chassis design is already finished, we will proceed to manufacture all its components and they will be welded to get the final chassis which will be one of the most important parts in the assembly of the motorbike.

3. ANTECEDENTES

Este proyecto surge como parte indispensable en el diseño y fabricación de una motocicleta de competición. Se encuentra englobado dentro de la competición MotoStudent, la cual recoge a diferentes universidades del ámbito nacional y europeo con el fin de diseñar y producir una motocicleta de competición, ayudando a los participantes en su formación como ingenieros. La organización de esta competición suministra un motor Yamaha de 250 c.c. 4T, llantas, frenos y suspensiones, por lo que el diseño del resto de elementos y, sobre todo, del chasis resulta decisivo a la hora de un buen resultado final.

Dicha competición se divide en dos fases: la fase MS1 y la fase MS2. En la primera de ellas se valorarán los proyectos industriales presentados, tanto la parte de diseño como la viabilidad económica. Mientras que en la segunda fase se realizarán pruebas dinámicas a la motocicleta, tales como pruebas de aceleración, frenada o agilidad. Por último, y dentro de esta segunda fase, se celebra una carrera en la que todos los prototipos fabricados por las universidades compiten por ser la moto ganadora.

El diseño de este tipo de motocicleta en concreto se debe al reciente cambio que se ha producido en el Mundial de Motociclismo, sustituyendo la tradicional categoría de 125 por la de Moto3, con el fin de sustituir los motores de 2T por los de 4T (menos contaminantes).

El presente proyecto marcará las pautas de diseño y el proceso a seguir durante la fabricación del chasis que empleará en la futura competición el equipo representante de la Universidad Politécnica de Cartagena.

4. INTRODUCCIÓN

Como definición, se podría decir que un chasis es una estructura que sujeta entre sí las distintas partes necesarias para formar un vehículo u objeto y además aportar rigidez al conjunto. Es, dicho de otra forma, donde se sujeta la dirección, el motor, el basculante trasero, etc. En definitiva, es el esqueleto de la motocicleta.

El chasis de una motocicleta debe cumplir unas funciones básicas que pueden ser de dos tipos: estáticas y dinámicas. Dentro de la función estática entra un aspecto que, aunque es evidente, cabe destacarlo, y no es otro que soportar el peso de la moto, el piloto, el motor y todo el resto de elementos necesarios, como por ejemplo los depósitos de gasolina y aceite. La función dinámica es quizás menos obvia pero es de vital importancia: el chasis, en conjunto con el resto de la parte ciclo, debe proporcionar una dirección precisa, una buena manejabilidad, un buen agarre y un buen confort.

Para todo ello, el chasis debe resistir adecuadamente los esfuerzos de torsión y flexión, de forma que las ruedas puedan mantener una relación correcta entre ellas, sin importar las dificultades u obstáculos que se presenten durante el uso de la motocicleta. Una relación correcta quiere decir que el eje de la dirección debe permanecer en el mismo plano que la rueda trasera, de forma que la geometría de la dirección no se vea afectada por posibles deformaciones del chasis.

Además el chasis debe permitir una buena manejabilidad de la moto, refiriéndose a manejabilidad como al esfuerzo físico necesario para que la moto responda a las acciones. Este aspecto dependerá fundamentalmente de la altura del centro de gravedad, el peso, la rigidez, la geometría, el tamaño de los neumáticos y los momentos de inercia de las ruedas y el conjunto moto/piloto.

Otro aspecto importante a considerar, aunque a veces obviado, es el confort. Este aspecto es importante tanto para una moto diseñada para circular por carretera como para una moto de competición, como es el caso. El chasis debe ser capaz de soportar todos los imprevistos que se puedan encontrar en el trazado sin que existan deterioros o fallos.

Una vez claros todos estos puntos se podrá empezar el diseño. Para comenzar éste es necesario, además, tener unos datos de partida que muestren el camino a seguir. Por ello, es sumamente importante la existencia de un reglamento redactado por la Organización de la competición que marcará las pautas y restricciones existentes, mostrando de qué libertades y qué límites se dispone.

Este reglamento junto con toda la información existente en libros especializados en cuanto a historia y tipología de los chasis, nos permitirá tener un punto desde el cual comenzar el presente proyecto y diseño de nuestro chasis.

4.1. Reglamento técnico

La Organización ha establecido un reglamento técnico que contiene la normativa técnica reguladora de la competición. El objetivo de este reglamento es el de estandarizar y acotar la gran variedad de posibilidades que existe en la construcción de un prototipo de moto de competición. De este modo todos los proyectos presentados por las diferentes universidades inscritas en la competición se ajustarán a una línea de trabajo común, posibilitando una competencia objetiva entre los participantes. Dicho reglamento al completo se recogerá en el **Anexo 1: Reglamento técnico MotoStudent**.

Por todo ello, el primer paso para comenzar este proyecto será la lectura y análisis detallado de dicho documento, buscando aquellos apartados relacionados con el chasis o que puedan influir en su realización, para ser consciente y entender qué es lo que se puede y no se puede hacer respecto al diseño de éste.

Una vez se ha analizado todo esto, se pueden considerar las siguientes restricciones establecidas por la Organización que afectan directamente a la elaboración de este proyecto:

4.1.1. Dimensiones

Como se observa en la Fig. 4.1. las dimensiones de la motocicleta son libres exceptuando algunos requisitos básicos aquí enumerados:

- La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares ha de ser de 450 mm. (Vista 1)
- El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma toque el pavimento debe ser 50°. Dicha medición se realiza con la motocicleta descargada pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento. (Vista 1)
- La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100 mm en cualquier situación de compresión de suspensiones y reglajes de geometrías. (Vista 2)
- Límite posterior: Ningún elemento de la motocicleta podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero. (Vista 2)

- Los neumáticos deberán tener una tolerancia mínima de 15 mm con cualquier elemento de la motocicleta en toda posición de la misma y reglaje de geometría.
- La anchura máxima del asiento debe ser de 450 mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento de la motocicleta del asiento hacia atrás excepto el sistema de escape. (Vista 3)

Para un mejor entendimiento se adjuntan las siguientes imágenes:

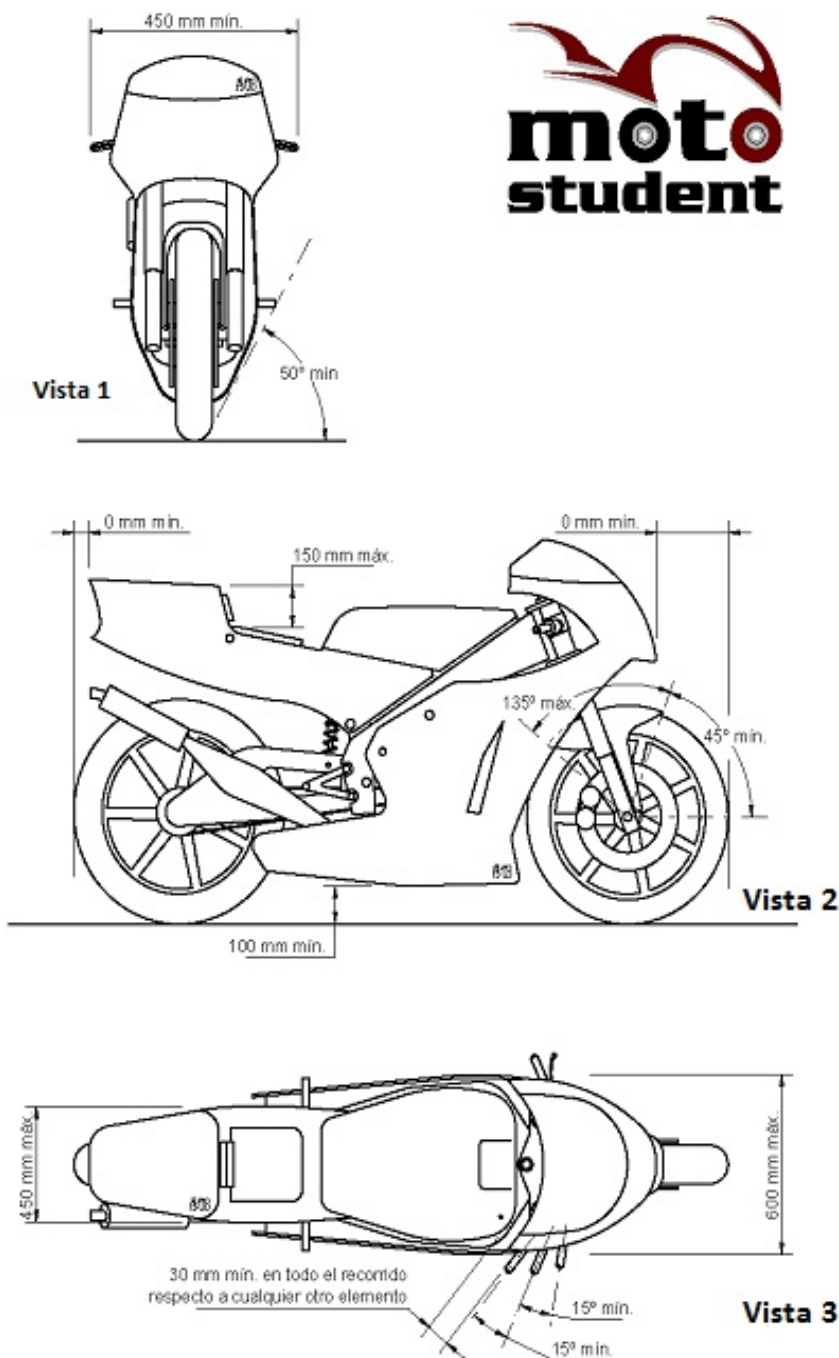


Figura 4.1. Dimensiones

4.1.2. Pesos

El peso mínimo del conjunto de la motocicleta en orden de marcha incluido depósito, gasolina y líquidos en ningún momento de las pruebas deberá ser inferior a 95 kg. El peso se podrá verificar tanto al inicio, durante y al final de la competición. Está permitido lastrar el vehículo para alcanzar el peso mínimo. Este dato nos será muy importante a la hora de calcular los esfuerzos que debe soportar el chasis.

4.1.3. Chasis

El diseño, el proceso y el material utilizado para la fabricación del bastidor es libre excepto en las siguientes consideraciones:

- No está permitido fabricar el chasis en titanio ni en aleaciones de titanio.
- El bastidor definitivo a presentar en la competición deberá haber superado el proceso de homologación por parte de la organización.
- No se permite el uso de un chasis comercial ni tan siquiera una unidad modificada. Debe de tratarse de un chasis prototipo de fabricación propia.

4.1.3.1. Homologación del chasis

La organización se reserva el derecho de verificar el chasis mediante una prueba previa a la competición. Se habrá de presentar previo a la competición un estudio teórico de cargas sobre el chasis.

La prueba se realizará en un potro de ensayo. Se aplicarán una carga horizontal progresiva sobre la pipa de la dirección de 275 kg en dirección longitudinal (dirección de marcha) a la motocicleta y vertical de 200 kg sobre el soporte trasero (subchasis). Estas cargas se aplicaran sucesivamente 5 veces consecutivas y se verificara que la medida es repetitiva en cuanto a deformación con un error entre medidas inferior a un 10% y no aparece ningún tipo de fallo o fisura ni en los componentes ni en los elementos de unión.

4.2. Evolución histórica y tipos de chasis

Las soluciones constructivas de chasis que se han propuesto a lo largo de la historia de la motocicleta son muy diversas. Tras la invención de ésta en el siglo XIX (Daimler, 1885) han ido evolucionando a pasos agigantados, desde prácticamente el chasis de una bicicleta a los modernos chasis contruidos íntegramente de fibra de carbono.

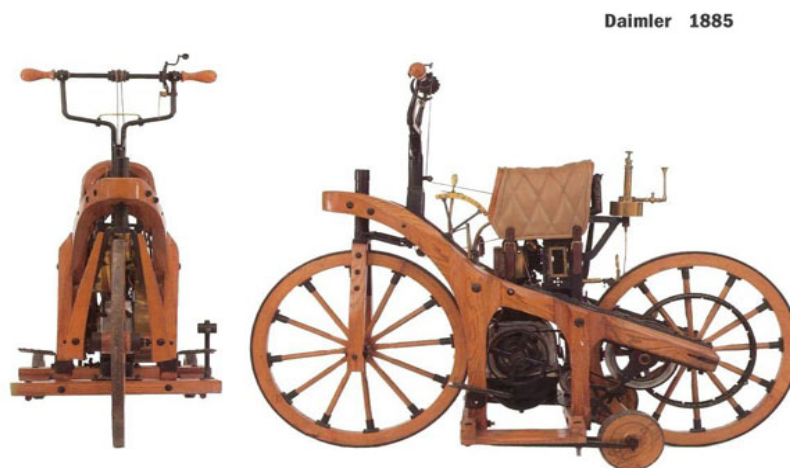


Figura 4.2. Primera moto fabricada: Daimler, 1885

Existen numerosos chasis que significaron una auténtica revolución en su época, pero hay una fecha por encima de todas que supuso un punto de inflexión a principios de los 80. El ingeniero español Antonio Cobas presentó una revolución en el mundo del motociclismo: el chasis de doble viga en aluminio. En 1982 fundó su propia marca –JJ Cobas– y en 1984 logró su primera victoria en una carrera del mundial de motociclismo con Sito Pons como piloto. Esto era solo un precedente de los logros que conseguiría en los años siguientes, entre ellos varios títulos mundiales con el también español Alex Crivillé al frente. Más tarde, la totalidad de los equipos participantes en el mundial de motociclismo adoptarían esta forma de chasis como la idónea para sus motocicletas.

Así fue como a partir de finales de los 80 el mercado de motocicletas deportivas, tanto para calle como para circuito, quedaría dividido principalmente en dos tipos de chasis: el chasis de doble viga en aluminio (principalmente en fabricantes japoneses) y el chasis tubular de acero (normalmente en fabricantes italianos como Ducati o MvAgusta).

Por todo ello, se podría decir que tan sólo existen dos soluciones realmente eficientes y viables económicamente para el proyecto de un chasis de una motocicleta deportiva (de competición o de carretera): el chasis de doble viga en aluminio y el chasis multitubular de acero. Sin embargo, la variedad en cuanto a tipos de chasis es mucho más amplia, existiendo a lo largo de la historia numerosas opciones disponibles, como veremos a continuación.

No obstante, antes de enumerar y clasificar los diferentes tipos de chasis es conveniente señalar las partes y elementos que lo componen habitualmente y su posición en el conjunto, así como describir su función brevemente.

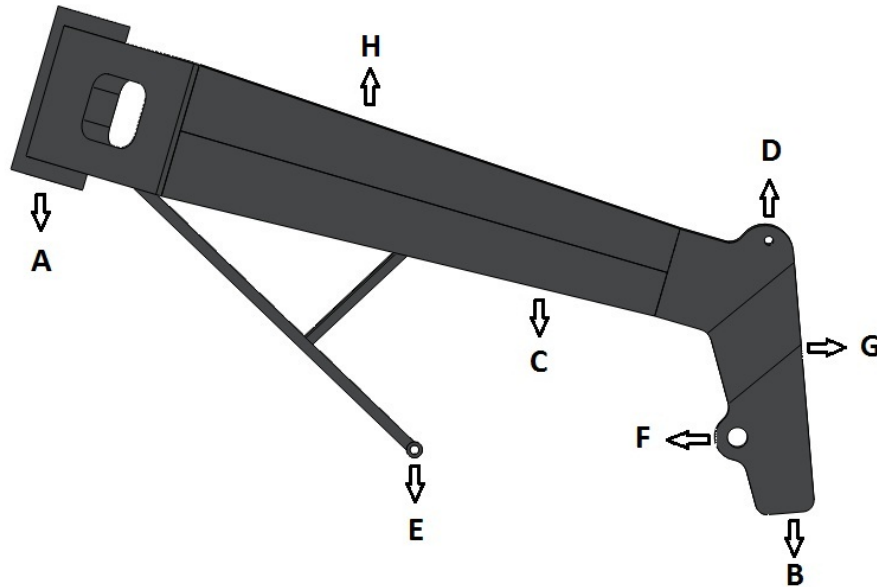


Figura 4.3. Partes típicas de un chasis

El ejemplo usado es un chasis de doble viga, sin embargo los elementos que lo constituyen son prácticamente idénticos en los otros tipos de chasis. Por tanto este ejemplo es extensible al resto de modelos. Primeramente se puede observar en la figura la zona donde irá anclada la suspensión delantera. Al ser ésta en la mayoría de los casos horquillas telescópicas, se le denominará **pipa de dirección (A)**. Será una pieza de fundición de Aluminio cuyo agujero para insertar los cojinetes y toda la sujeción del eje de dirección se mecanizará para asegurar unas tolerancias necesarias, garantizando que el conjunto de dirección funcione según lo previsto. El hecho de que sea éste el lugar de ubicación de las horquillas hace que sea el punto más alto del chasis. En el otro extremo del chasis se ubican las **pletinas (B)** de las que partirán las estriberas. La pipa de dirección y las pletinas están unidas por las **vigas (C)**. Se trata de perfiles de Aluminio extruido y posteriormente mecanizado y soldado, pudiendo ser en el resto de modelos un conjunto de tubos soldados, una espina central, chapas o el propio motor el que una un extremo y otro del chasis. En la parte superior de las pletinas se encuentra el **anclaje para el subchasis (D)**, siendo su colocación variable en el espacio. El subchasis será el elemento que sujete al piloto. El punto (E) será la **sujeción delantera del motor** y el punto (F) la **sujeción trasera del motor y del eje del basculante**, siendo por tanto dos de los puntos más críticos del chasis, por lo que deberán ser lo más rígidos posibles para evitar verse afectados por vibraciones. El amortiguador trasero irá anclado al chasis y al basculante, normalmente por un sistema de bieletas unidas a unos **tubos (G)** que irán soldados entre las dos pletinas. Por último, en ocasiones, se colocarán unas **barras o tubos rigidizadores (H)** entre las dos vigas con el fin de aportar mayor rigidez torsional al conjunto.

Una vez conocidas todas las partes y elementos característicos de un chasis, pasaremos a enumerar y describir cada uno de los tipos existentes, además de realizar una breve reseña histórica de su evolución.

4.2.1. Chasis tubulares

Las primeras motocicletas eran prácticamente bicicletas dotadas de un pequeño motor que se anclaba en diversas ubicaciones, por lo que éste fue el tipo de chasis que se adoptaba, especialmente en la época en que los pedales también se empleaban como ayuda ocasional al motor.

Hasta que la suspensión trasera comenzó a usarse de forma generalizada décadas más tarde, la gran mayoría de chasis eran de tipo diamante. Esto no es de extrañar ya que este tipo de chasis eran muy largos en sentido vertical, y esto resultaba ideal para alojar los motores monocilíndricos populares en aquella época. En estas motocicletas el empleo de una pipa de dirección inclinada resultaba lo correcto para proporcionar el avance necesario a la rueda delantera para que la moto fuera estable en línea recta.



Figura 4.4. Chasis tipo diamante. Primera Honda fabricada

Durante muchos años, los anteriores y posteriores a la primera guerra mundial, los fabricantes se decantaron de forma abrumadora por este tipo de chasis. Una variante temprana fue el chasis tipo "single-loop", en el que el tubo frontal y el tubo del sillín estaban formados por un único tubo doblado que continuaba pasando por debajo del motor.

Ambos chasis fueron mejorados con el chasis de simple cuna. En este chasis, los extremos inferiores del tubo frontal y del tubo del sillín estaban separados y conectados de forma rígida por una cuna que abrazaba el motor.

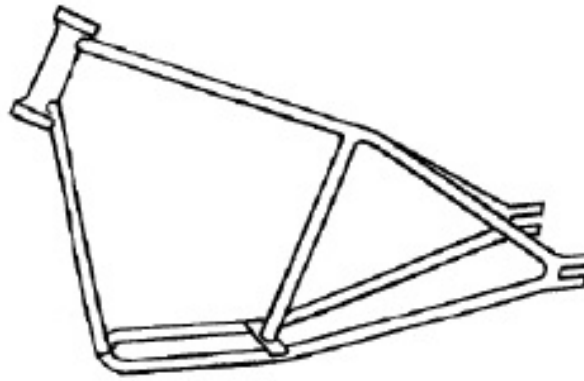


Figura 4.5. Chasis simple cuna

El siguiente paso fue el chasis de doble cuna, en el que los tubos de la cuna continuaban hacia arriba, hasta llegar a la pipa de dirección, mientras que por detrás también continuaban hasta el eje de la rueda trasera.



Figura 4.6. Chasis de doble cuna

Como se puede observar, la rigidez a torsión y flexión no era un parámetro importante en los primeros chasis, ya que no se tenía prácticamente en cuenta a la hora del diseño. Sin embargo, el comienzo de la Guerra hizo que se produjesen algunos esfuerzos importantes por mejorar esta rigidez a torsión y flexión de los chasis, a base de triangular la estructura. El chasis de la Cotton fue un claro ejemplo de triangulación consiguiendo una excelente estabilidad.

Este tipo de chasis podía conseguir una eficiencia estructural extremadamente elevada, sin embargo nunca encontró el respaldo de los grandes fabricantes de motos. Esto podría estar debido a que, por el tamaño de los motores, se necesitaría una estructura demasiado ancha y de geometría complicada. Además estos tubos largos y de pequeño diámetro tenían el problema de que el motor provocaba que entraran en resonancia, haciendo necesario reducir su longitud o aumentar su diámetro.

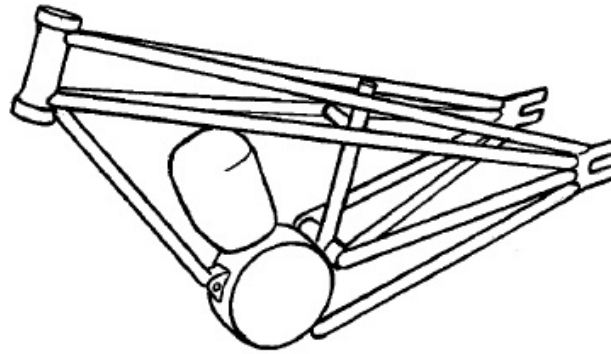


Figura 4.7. Chasis Cotton

En 1949 comenzó una nueva revolución cuando las Norton de carreras empezaron a utilizar el chasis "featherbed" diseñado por los hermanos McCandless, para muchos considerado hoy en día el mejor chasis de la historia. Incluso hoy, medio siglo después, muchos diseños actuales todavía muestran una descendencia directa de este diseño. El diseño general consiguió un reparto de pesos bastante bueno y un centro de gravedad relativamente bajo teniendo en cuenta la posición vertical del cilindro. La horquilla telescópica fue una de las más robustas de la época, y la geometría de dirección proporcionaba un tacto suave y preciso. Este chasis supuso una revolución en el mundo de la competición equiparable a la que más tarde supondría el chasis doble viga de Antonio Cobas.



Figura 4.8. Chasis Featherbed de Norton

En la actualidad, el uso de chasis tubulares prácticamente ha desaparecido en el mundo de la alta competición. Sin embargo, se sigue conservando su uso en motos para circulación por carretera. Algunos ejemplos de esto son KTM o Ducati, cuyos principales modelos comerciales y de competición (exceptuando la categoría de MotoGP) se fabrican con chasis tubular de acero.



Figura 4.10. Chasis tubular de Ducati

Por lo general, el acero ha sido el material más utilizado en la fabricación de chasis tubulares aunque también es común el uso de titanio y aluminio.

4.2.2. Chasis con el motor como elemento estructural

La utilización del motor como parte estructural del chasis da lugar a una nueva generación de chasis. Este tipo de chasis surgen con el objetivo de aprovechar la capacidad portante del motor, incluyéndolo como un elemento más del chasis, el cual unirá la pipa de dirección con el eje trasero del basculante.

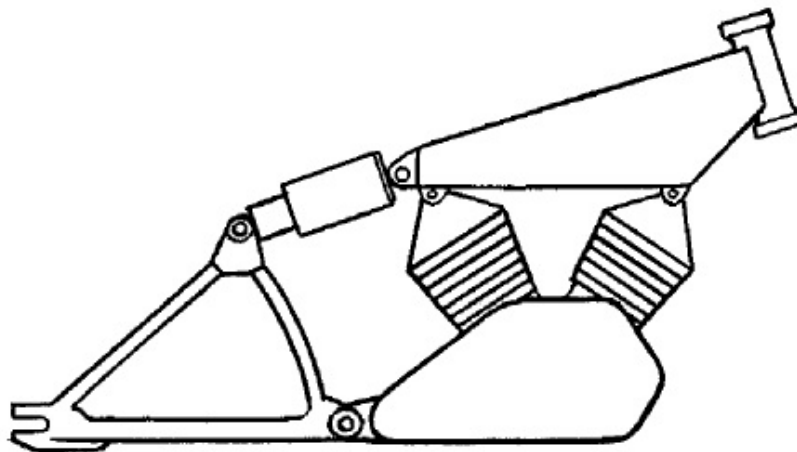


Figura 4.11. Esquema de chasis con el motor como elemento estructural

Uno de los primeros ejemplos es la P&M (posteriormente denominada Panther) cuyos cilindros estaban situados muy altos, haciendo las veces de chasis. Después de la segunda Guerra Mundial, todavía alcanzaron mayor celebridad y éxitos las Vincent, dotados de un chasis de espina central de sección rectangular hecha de chapa soldada, que servía a la vez como depósito de aceite.



Figura 4.12. Chasis con motor como elemento estructural. Vincent

La utilización de grandes motores con valores de rigidez alto ha dado lugar a la aparición de diferentes tipos de chasis. Un ejemplo de la utilización de este tipo de chasis en la actualidad es la antigua Ducati de MotoGP. Este chasis está fabricado en fibra de carbono, conectando la pipa con el motor y el eje del basculante está directamente en el cárter.

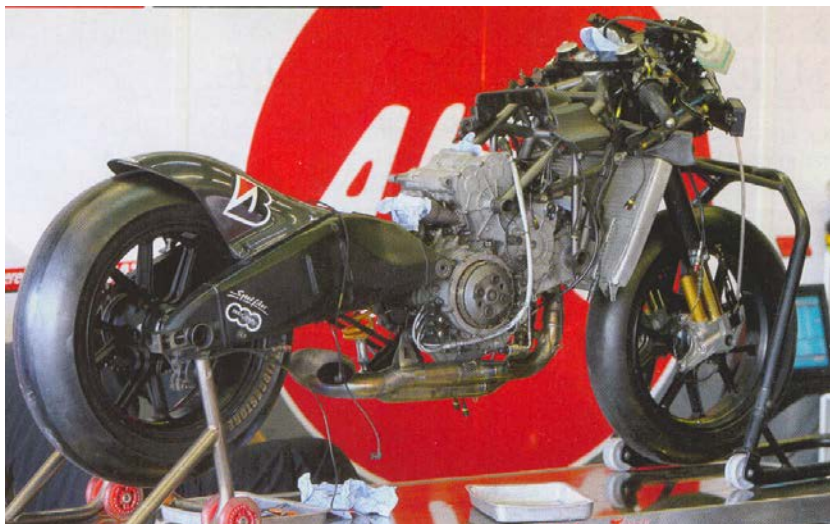


Figura 4.13. Ducati Desmosedici MotoGP

El uso de este tipo de chasis no va necesariamente ligado al mundo de la competición, sino que también es posible encontrarlos en la calle. Los modelos actuales de BMW con motor boxer son un ejemplo de lo que se puede lograr cuando el conjunto motriz se diseña desde el principio para actuar también como la estructura principal de la motocicleta.



Figura 4.14. BMW HP2 Sport

Por lo tanto, se puede observar que ésta es la forma más eficiente de construir una moto cuando ésta tenga un motor grande. Utilizando la rigidez del motor para unir la pipa de dirección con el eje del basculante.

4.2.3. Chasis de espina central

Una solución completamente diferente para mejorar la resistencia a torsión y flexión del chasis consistió en el uso de tubos de gran diámetro que unían la pipa de dirección con el eje trasero atravesando longitudinalmente la motocicleta, siendo estos tubos el elemento principal del chasis. De esta forma se consiguió diseñar chasis con una gran resistencia, a la vez que simples.

El tubo en cuestión podía ser de diferentes formas geométricas (cuadrado, rectangular, circular, en forma de T...) sin embargo el uso de tubos circulares ofrecía los mejores resultados, al ser el que mayor resistencia a torsión presentaba.

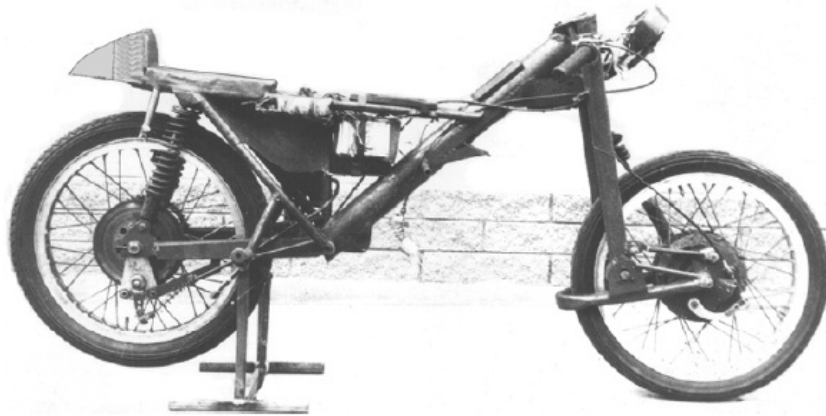


Figura 4.15. Chasis espina central

El problema radicaba en que estos tubos, evidentemente, no podían unir directamente la pipa de dirección con el eje de la rueda trasera. Por ello, el tubo debía bifurcarse en la parte trasera, quedando la parte abierta del tubo en la zona interna. Esta zona abierta era posteriormente tapada con chapa en forma de U, volviendo a dotar de rigidez al chasis. Este problema desapareció con la instauración de los basculantes, haciendo que no fuera necesaria la bifurcación del tubo.



Figura 4.16. Chasis espina central con bifurcación en la parte trasera

Otro quebradero de cabeza fue el hecho de que hacer una conexión directa de la pipa con el eje del basculante a través de un tubo recto era una tarea prácticamente imposible, ni tan si quiera con motores pequeños horizontales. Es por ello que se comenzó a dividir el tubo (también denominado viga) en dos, llegando a los modelos de chasis de doble viga, tratados en siguientes apartados.

Actualmente este tipo de chasis prácticamente solo se puede encontrar en scooters o motocicletas tipo Custom. En el resto ha quedado en desuso. Tan solo algunos modelos aislados presentan espina central, como por ejemplo la Honda CBF 600S.



Figura 4.17. Chasis en espina central. Honda CBF 600S

4.2.4. Chasis monocasco

La dificultad para fabricar este chasis y los problemas de espacio que conllevan han hecho que este tipo de chasis tenga una escasa utilización a lo largo de la historia. Un chasis pensado para la competición debe cumplir una serie de premisas indispensables, entre las que se encuentra la facilidad de acceso para la comprobación y cambio de reglajes.

Este tipo de chasis consigue su rigidez estructural mediante una "coraza" completamente aerodinámica y unos refuerzos transversales. Es por ello que generalmente se considera que un chasis es monocasco si el carenado de la motocicleta es también un elemento que proporciona rigidez al conjunto.

Sin embargo, a pesar del escaso éxito y utilización que han tenido estos chasis, existen algunos modelos de motocicletas diseñadas con este tipo de chasis que supusieron una revolución en el mundo de las motos. El ejemplo más significativo se produjo precisamente en España a manos del ingeniero Eduardo Giró, el cual diseñó la Ossa 250 Monocasco que posteriormente pilotaría el malogrado Santi Herrero. Este chasis monocasco se fabricó con Magnesio, consiguiendo una rigidez desconocida hasta entonces con apenas 7.4kg de peso.

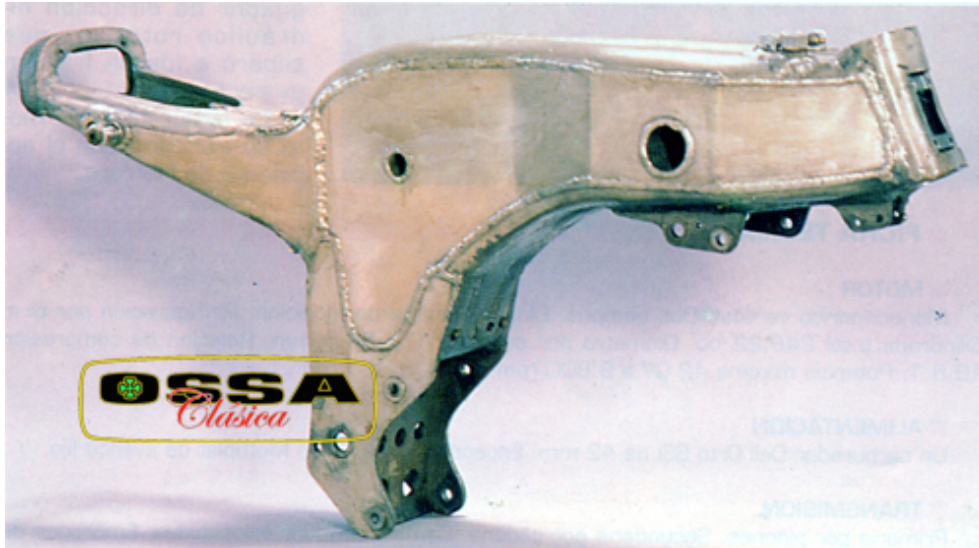


Figura 4.18. Chasis monocasco. Ossa 250 Monocasco (Eduardo Giró)

Curiosamente, Ducati ha recuperado no hace mucho el chasis monocasco, incorporándolo en su última creación, la Ducati 1199 Panigale. Este modelo está fabricado en fundición de aluminio, es corto, resistente y además hace la función de airbox.



Figura 4.19. Chasis monocasco. Ducati 1199 Panigale

4.2.5. Chasis doble viga

A día de hoy se trata del tipo de chasis más utilizado en todo el mundo, debido a que proporciona, sin dudas, los mejores resultados. Diseñado originalmente por el ingeniero español Antonio Cobas, supuso una revolución que hoy en día es usada para las motocicletas deportivas más potentes y de competición. Se basa en la idea de este ingeniero de conectar la pipa de dirección con la suspensión trasera lo más directamente posible, además de situar el motor "colgante". Antonio Cobas lo denominó el chasis "Deltabox".



Figura 4.20. Chasis doble viga "Deltabox". Antonio Cobas

El diseño consiste en dos vigas, normalmente de Aluminio, situadas a ambos lados del motor, uniendo la pipa de dirección con el eje del basculante, es decir, podría verse como un chasis de espina central desdoblado. En prácticamente todos los casos, la pipa de dirección, los alojamientos del eje del basculante y los soportes traseros del motor son de fundición y están soldados a las vigas laterales. Muy a menudo, aunque no siempre, el subchasis va atornillado al chasis principal.



Figura 4.21. Unión de chasis y el subchasis

Lo curioso es que estructuralmente no es un chasis especialmente bueno, e incluso utilizando Aluminio, el peso final no es excesivamente ligero, siendo superior al de otros tipos de chasis. Sin embargo, la eficiencia estructural no lo es todo, por lo que la enorme ventaja de espacio que proporcionan estos chasis hace que puedan alojar sin problemas los modernos motores de gran capacidad.

Además si se centra la atención en el mundo de la competición (como será el caso) este tipo de chasis permite, como ya se ha comentado anteriormente, un fácil acceso al motor con el fin de poder trabajar con comodidad sobre el motor, carburador, bujías, etc. Por otro lado, la desaparición de tubos o material que rodeaba al motor por debajo y por delante supone la disponibilidad de un espacio muy útil para albergar los sistemas de refrigeración y escape. Esto ha sido uno de los factores que han colocado a los chasis de doble viga por encima del resto, haciendo que actualmente casi la totalidad de los equipos de la máxima competición mundial monten chasis de doble viga.



Figura 4.22. Chasis doble viga. Laglisse Moto

5. ELECCIÓN DEL CHASIS

Una vez conocidos los distintos tipos de chasis existentes, así como sus características, funcionamiento y resultados, se realizará un estudio para dilucidar cuál de ellos se adapta mejor a nuestro objetivo, que no es otro que conseguir un diseño lo más competitivo posible dentro de los límites presupuestarios establecidos.

5.1. Estudio para la elección del tipo de chasis

El estudio se comenzará valorando la rigidez y el peso que cada tipo de chasis podría proporcionar. Estos dos aspectos son de vital importancia ya que, por un lado, el chasis diseñado deberá soportar cargas relativamente elevadas. Mientras que por otro lado el peso resultará algo determinante debido a que todas las motocicletas participantes montarán el mismo motor.

Otro aspecto a valorar será el espacio que proporcionará el chasis. Dicho espacio determinará la rapidez y facilidad con la que se será capaz de subsanar averías o cambiar reglajes. Esto será, como se ha mencionado en apartados anteriores, un punto muy importante teniendo en cuenta que el diseño está orientado al mundo de la competición.

Los últimos puntos a tener en cuenta a la hora de decidir qué tipo de chasis se diseñará son el coste del material y la viabilidad de su fabricación.

Es por ello que en este apartado también se valorará el material a emplear, siendo éste decisivo en el diseño y coste del chasis, así como en el peso final y prestaciones.

Para organizar todas estas ideas y facilitar la decisión sobre qué tipo escoger se recogerán todos estos puntos en una tabla, otorgándoles un valor a cada uno de ellos dependiendo del tipo de chasis que se esté estudiando. Se debe mencionar que en la siguiente tabla se ha obviado el tipo de chasis en el que el motor actúa como elemento estructural a pesar de que su relación rigidez/peso es bastante buena. Esto es debido a que el motor suministrado por la organización no posee la suficiente rigidez como para optar por ese tipo de chasis.

Tipo	Rigidez	Peso	Espacio	Material	Fabricación	Coste
Tubular	Media/Alta	Medio	Medio	Acero/Aluminio	Problemática por elevado número de soldaduras	Medio
Espina central	Alta	Alto	Medio	Acero/Aluminio	Fácil	Alto coste de los útiles
Monocasco	Media	Medio	Bajo	Aluminio	Dificultad media	Alto
Doble viga	Media/Alta	Medio	Alto	Aluminio	Soldadura complicada	Medio/Alto coste mecanización

Figura 5.1. Tabla comparativa de los tipos de chasis

Una vez organizados en la presente tabla los distintos chasis y sus características, comenzaremos la selección de nuestro modelo de chasis. Con la simple observación de la tabla podemos descartar directamente dos modelos: chasis monocasco y chasis de espina central. Se trata de los dos modelos más caros de fabricar y además sus relaciones rigidez/peso no son de las mejores, por lo que los desechamos. Sin embargo, para poder hacer una correcta elección entre chasis tubular y de doble viga se deberá realizar un análisis más detallado de nuestras necesidades.

5.1.1. Análisis de las necesidades

Para ser capaces de tomar una correcta decisión sobre que tipo de chasis diseñar, primeramente se debe analizar y tener claras qué necesidades debe cubrir nuestro chasis. Por ello, se enumerarán a continuación todos los requisitos que se han acordado que debe cumplir el chasis.

a. Rigidez

Es, evidentemente, la característica principal que debe cumplir el chasis. Se entiende como rigidez la capacidad para soportar las cargas a las que se verá sometido, manteniendo su geometría dentro de unos valores adecuados. Esto quiere decir que la rigidez estará relacionada con las deformaciones temporales que sufrirá la estructura del chasis al ser sometido a una carga que posteriormente cesará. Estas deformaciones nunca deberán sobrepasar el límite elástico, convirtiéndose en deformaciones plásticas. Nuestro objetivo será, por tanto, diseñar un chasis lo más rígido posible, ya que éste soportará el peso del resto de elementos, incluido el piloto. Además, se deberá tener en cuenta los posibles impactos que pueda sufrir la motocicleta (caídas, toques con otros pilotos, etc.).

b. Peso

Al tratarse de una motocicleta de competición el peso será un factor primordial. Además, en nuestro caso, todas las motos participantes estarán dotadas del mismo motor (de escasa potencia) por lo que el peso final podría marcar las diferencias respecto a los diseños de otras universidades. Nuestra misión será obtener un diseño lo menos pesado posible.

c. Espacio

Como hemos mencionado en repetidas ocasiones, la disponibilidad de espacio en una motocicleta de competición es algo muy necesario. Estas motocicletas se encuentran en continuo cambio durante las competiciones, por lo que un rápido y fácil acceso a los elementos modificables (bujías, carburadores...) es algo que debemos prever en nuestro diseño.

d. Material

Se deberá seleccionar un material que aporte la rigidez necesaria, con un peso lo más reducido posible y que, además, se adapte a nuestras posibilidades presupuestarias. La elección sobre el material se tratará con detenimiento en el anexo “Materiales”.

e. Fabricación

Se debe conocer con detalle el proceso de fabricación para poder determinar si será viable. Se entiende por viable que se disponga de los recursos económicos necesarios para realizarla, de personal cualificado para llevarla a cabo y que, tanto la dificultad como el coste, no excedan de un cierto límite.

f. Otros factores

Además de todos estos factores ya mencionados existen otros que, aunque menos importantes, también merecen ser tenidos en cuenta. Entre ellos se encuentra la estética, es decir, que ofrezca confianza al piloto. Otro de estos factores sería la facilidad de ensamblaje con el resto de elementos de la moto (basculante, subchasis...), así como la facilidad para poder modificar cotas en el diseño sin necesidad de comenzar de cero, es decir, la variabilidad.

5.1.2. Evaluación y selección del tipo de chasis

Para poder tomar una decisión correcta entre que tipo de chasis diseñar (doble viga o tubular) se realizará una evaluación matemática de cómo cumplen las distintas necesidades anteriormente mencionadas cada uno de los tipos.

Para ello se asignarán valores numéricos a cada una de las necesidades según el grado de importancia que consideremos que tienen en nuestro diseño. A su vez, se evaluará también con valores numéricos la calidad con la que cumple cada modelo de chasis cada una de las necesidades.

IMPORTANCIA	VALOR	CUMPLIMIENTO	VALOR
ALTA	3	BUENO	3
MEDIA	2	REGULAR	2
BAJA	1	MALO	1

Figura 5.2. Tabla de valores

Una vez conocido el significado de cada valor numérico, se elaborará una tabla que recoja las distintas necesidades con sus valores numéricos, así como la respuesta de cada chasis a cada necesidad también con sus valores numéricos. Posteriormente se calculará el producto "**Importancia x Cumplimiento**" y se sumarán los resultados obteniendo un valor representativo del cumplimiento de las necesidades para cada chasis. El resultado de estos valores finales nos permitirá seleccionar el que mejor se adapte a nuestras necesidades.

Necesidades	Importancia	Cumplimiento		Resultados	
		Doble viga	Tubular	Doble viga	Tubular
Rigidez	3	2	2	6	6
Resist. Impactos	1	2	2	2	2
Peso	3	3	2	9	6
Espacio	3	3	2	9	6
Material	2	2	3	4	6
Fabricación	2	2	3	4	6
Estética	1	3	2	3	2
Montaje	2	3	3	6	6
Variabilidad	2	3	2	6	4
		TOTAL		49	44

Figura 5.3. Tabla "Importancia x Cumplimiento"

Los cálculos realizados nos muestran que el modelo que mejor se ajusta a nuestras necesidades es el chasis doble viga. La rigidez ofrecida por dicho modelo, así como el escaso peso por el uso de Aluminio como material y la gran disponibilidad de espacio que ofrece han sido los factores más determinantes a la hora de decantar el estudio en favor de la doble viga. Es por ello que la decisión tomada finalmente será la de diseñar y fabricar este tipo de chasis.

5.2. Geometrías

Tras el estudio realizado se ha llegado a la conclusión de que la utilización de un chasis doble viga sería la mejor opción con el fin de cubrir nuestras necesidades. Sin embargo, un chasis doble viga posee multitud de posibilidades de diseño, es decir, la distribución de sus elementos constituyentes y su geometría pueden variar enormemente. La variación de dicha geometría cambiaría totalmente el comportamiento y rendimiento de la motocicleta, por lo que se debe estudiar con detenimiento todos y cada uno de los factores geométricos.

Generalmente no es posible hablar de un solo aspecto de la geometría de una moto. Cada aspecto geométrico interacciona con los otros y es, precisamente, la combinación de todos ellos lo realmente importante. Estos factores geométricos son: avance, lanzamiento y distancia entre ejes.

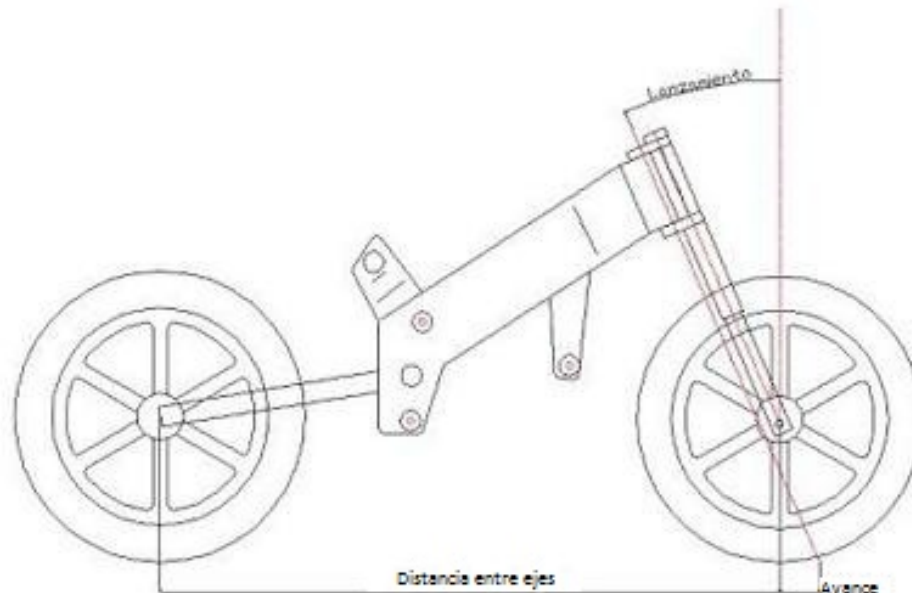


Figura 5.4. Geometría básica de una motocicleta

5.2.1. Avance

El avance es la distancia que existe, al nivel del suelo, entre el centro de la huella de contacto del neumático y el punto en el cual el eje de dirección intersecta con el suelo ("**avance en el suelo**"). Sin embargo, resultaría más lógico medir el avance como la distancia entre la huella de contacto del neumático y el eje de dirección en ángulo recto con respecto a ese eje ("**avance real**"). El avance real es aproximadamente el 90% del avance en el suelo.

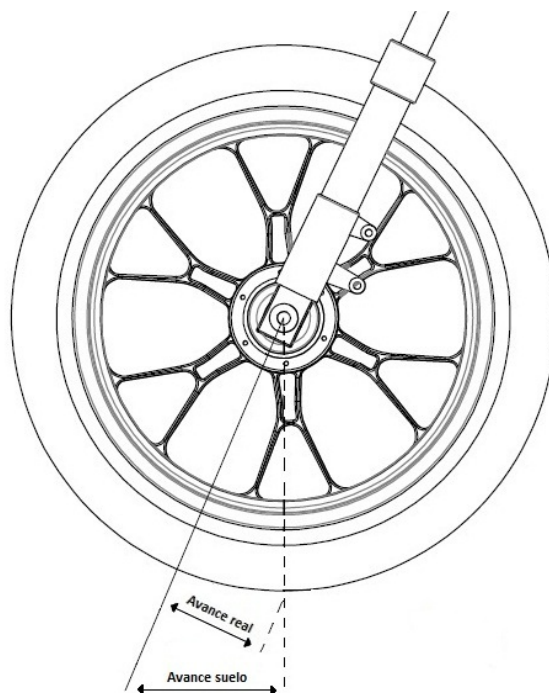


Figura 5.5. Diferencia entre avance real y avance en el suelo

El objetivo principal del avance es el de dar a la motocicleta una cierta estabilidad direccional, aunque también es importante en el inicio de la fase de inclinación de la motocicleta a la entrada de una curva. Tanto el neumático delantero como el trasero tocan el suelo por detrás del punto donde el eje de dirección lo hace, y esto provoca un efecto de autocentrado en ambas ruedas. Este avance hace que cualquier fuerza que se genere sobre el neumático cree un momento alrededor del eje de dirección (Fuerza x Distancia) que es precisamente el que ayuda a conducir la moto. Existirán dos tipos de avances: positivo y negativo.

El avance positivo es aquel en el que la huella de contacto queda por detrás del eje de dirección, generando un momento corrector que girará la dirección de forma que ayude a la rueda a ir en la dirección deseada (efecto contramanillar). Por ello si la dirección se girara por algún motivo imprevisto, el avance positivo se encargaría de contrarrestarlo inmediatamente el giro proporcionando estabilidad.

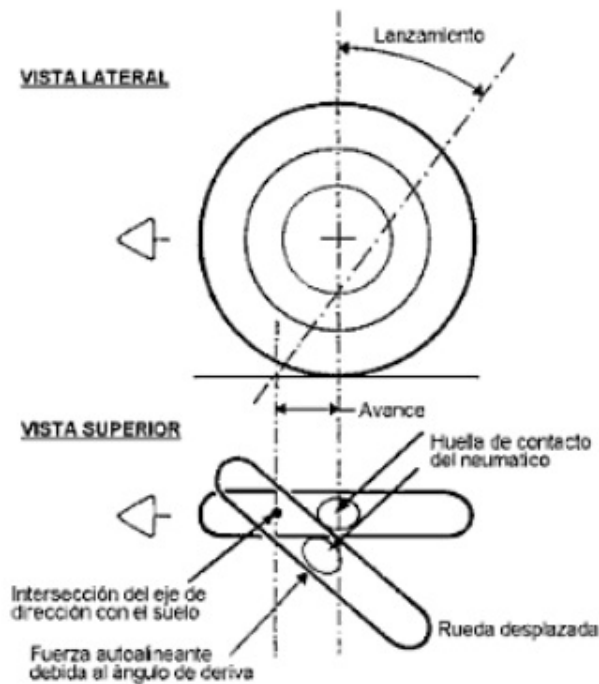


Figura 5.6. Avance positivo

El avance negativo es aquel en el que la huella de contacto queda por delante del eje de dirección, creando un momento que reforzaría la perturbación inicial y convertiría a la motocicleta en direccionalmente inestable.

En cuanto a la influencia en este aspecto geométrico la rueda delantera será mucho más determinante que la trasera, a pesar de tener un avance mucho menor. Esto se debe a que el ángulo de deriva¹ de la rueda trasera será mucho menor que el de la delantera.

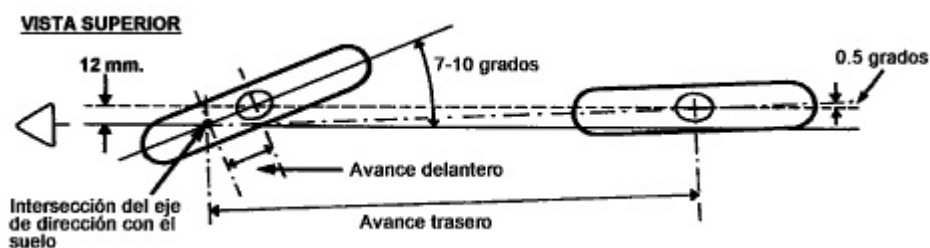


Figura 5.7. Ángulo de deriva de la rueda delantera y trasera

¹ Ángulo que forman el plano de la rueda con la trayectoria real seguida por la motocicleta debido a la fuerza lateral.

Los avances típicos oscilan entre los 80 y 120mm, sin embargo una pequeña variación de esto puede provocar grandes cambios en la motocicleta. Dicho avance variará durante la conducción en función del ángulo de inclinación, el ángulo de giro de la dirección o el radio del perfil del neumático. A continuación se muestra una gráfica donde se muestran diferentes valores de avance en función del ángulo de inclinación y del ángulo de giro de la dirección. La zona oscura delimita las combinaciones improbables de que se produzcan en la realidad.

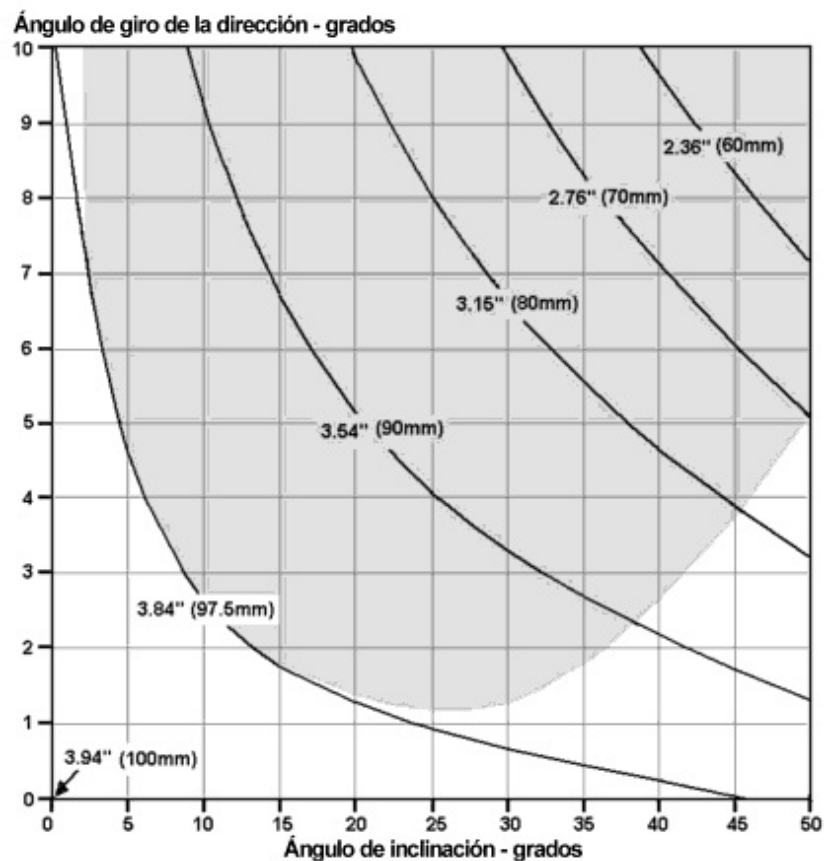


Figura 5.8. Gráfica de variación del avance

Se debe tener en cuenta que:

- Un avance mayor proporcionará un momento mayor. Esto supondrá una menor agilidad de la motocicleta en el paso por curva.
- Un avance pequeño proporcionará un momento menor, pero la moto será muy ágil en el paso por curva.

5.2.2. Ángulo de lanzamiento

Se conoce por lanzamiento el ángulo que forman la pipa de dirección y la normal de la rueda delantera. El lanzamiento en sí no hace más que determinar qué avance tendrá la motocicleta. Históricamente dichos ángulos han variado entre los 23 y 30 grados (sin considerar los ángulos enormes utilizados por las 'Custom'). Sin embargo, desde siempre ha existido una tendencia gradual al uso de ángulos de lanzamiento más pequeños, sobre todo en motos deportivas y de competición. Valores de lanzamiento que eran considerados inestables décadas atrás, se emplean ahora de forma habitual, variando entre los 20 y 23 grados.

Un motivo que explica esta reducción gradual del ángulo de lanzamiento es la facilidad de construcción. Durante las últimas décadas se ha buscado un reparto de pesos con el tren delantero más cargado, llevándose al piloto más hacia delante. Obviamente, esto es más fácil de conseguir con una pipa de dirección más adelantada y, por tanto, con un lanzamiento menor.

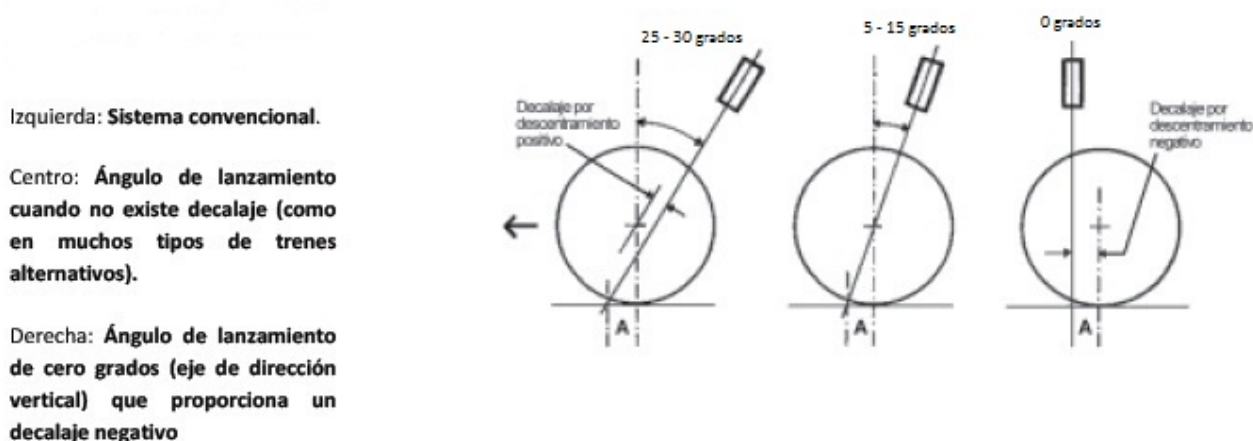


Figura 5.9. Distintos lanzamientos para el mismo avance por descentramiento

Si observamos el mundo de la competición, la mayoría de las motocicletas actuales suelen utilizar un **ángulo de lanzamiento variable**. Para ello se utilizan pipas de dirección formadas por un tubo de gran diámetro, en el interior del cual se montan los rodamientos de la dirección alojados en unos insertos excéntricos. El ángulo de lanzamiento se ajusta variando el descentramiento de los insertos excéntricos. Evidentemente, al variar el lanzamiento también cambiarán otros parámetros como el avance, la distancia entre ejes o la distribución de pesos. Además el lanzamiento reduce el ángulo de giro efectivo que existe entre el neumático y el suelo, comparado con el ángulo que giramos el manillar.

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, existe la posibilidad de que se produzca un avance negativo. Al estar el avance y el ángulo de lanzamiento totalmente relacionados, este último influirá en la aparición o no de un avance negativo. A continuación se muestra una gráfica en la que se puede observar las distintas combinaciones de avance (eje de ordenadas), lanzamiento (curvas) y ángulo de giro de la dirección (eje de abscisas) que darían como resultado un avance negativo (zona oscura).

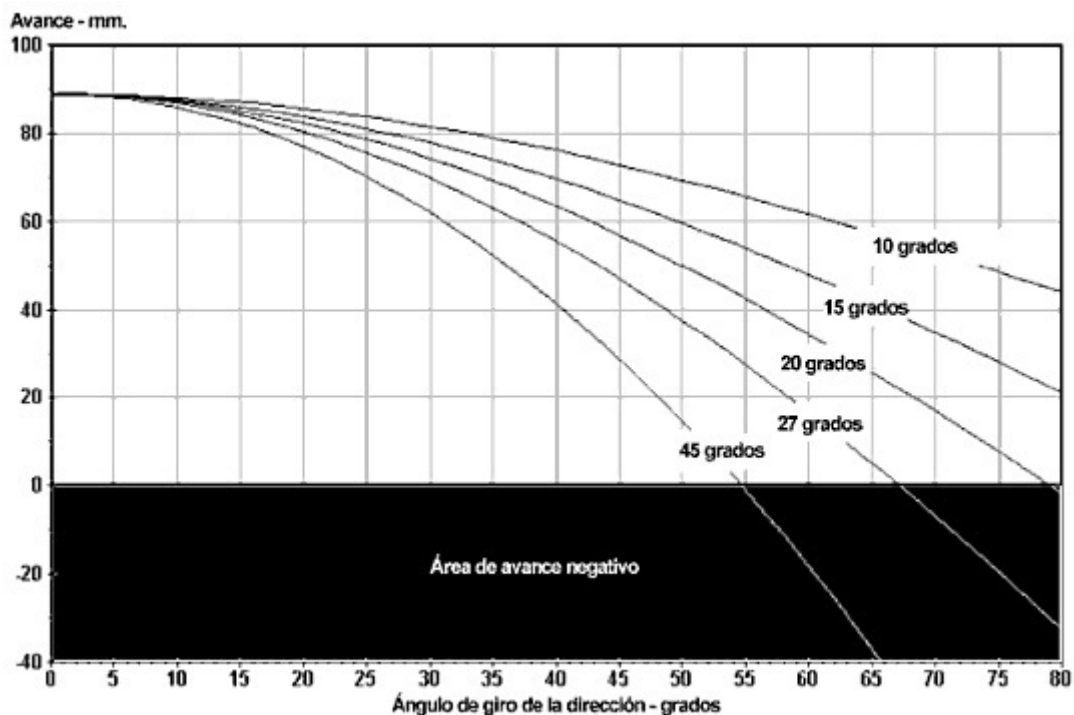


Figura 5.10. Combinaciones para avance negativo

Otro aspecto en el cual influye el lanzamiento es en la caída de la pipa. Con una motocicleta normal, es decir con avance positivo, en posición vertical la pipa de dirección bajará conforme se gire el manillar hacia un lado. Cuanto mayor sea el ángulo de lanzamiento, mayor será la caída. Dicha caída tiende a trabajar contra el efecto autoalineante del lanzamiento, ya que para volver a girar el manillar hasta la posición de línea recta, debemos levantar el considerable peso que soporta la pipa de dirección. Esto puede apreciarse mejor observando el efecto para un ángulo de lanzamiento exagerado de 90°.

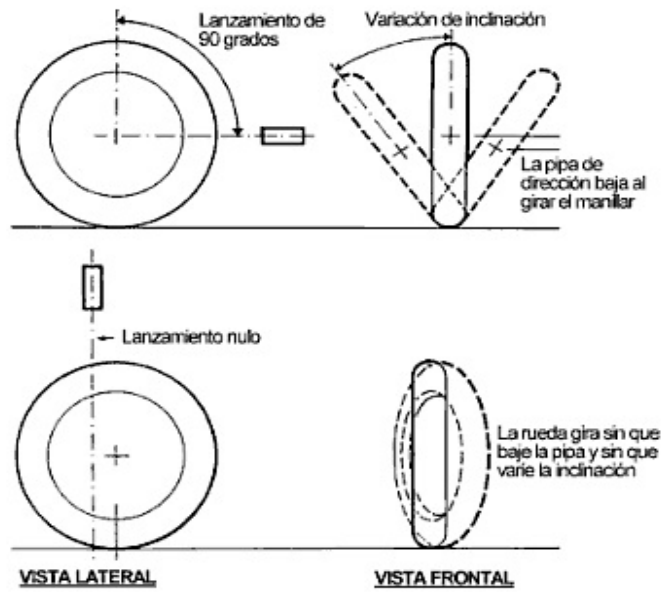


Figura 5.11. Caída de la pipa con y sin ángulo de lanzamiento

Para un mejor entendimiento de los términos ángulo de inclinación, ángulo de giro real de la dirección, etc. Así como la forma en la que afectan al lanzamiento, se muestra el siguiente esquema intuitivo de lo que sería la representación de una motocicleta mediante planos. Esto ayudará a visualizar varios efectos geométricos debidos a la inclinación y el giro.

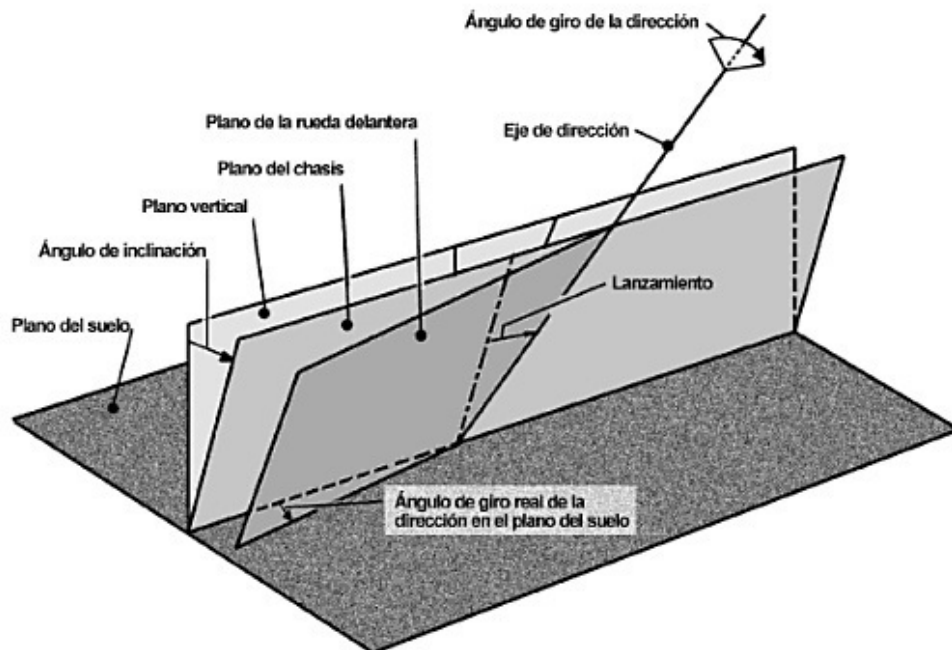


Figura 5.12. Esquema de una motocicleta mediante planos

Uno de los planos representa la mayor parte del chasis, incluyendo la rueda trasera, mientras que el otro es el plano central de la rueda delantera. El plano frontal puede rotar alrededor del eje de dirección contenido en el plano trasero y el plano trasero puede inclinarse respecto a la vertical.

5.2.3. Distancia entre ejes

Por definición, la distancia entre ejes es la distancia entre los centros de las ruedas cuando las suspensiones están en reposo. Esta distancia tiene diversos efectos pero, en general, cuanto mayor es la distancia mayor es la estabilidad direccional y mayor el esfuerzo necesario para negociar las curvas. Existen tres razones principales para esto.

- **Ángulo de giro requerido**

Para una curva dada con un radio determinado, una motocicleta con una mayor distancia entre ejes necesita girar más la rueda delantera hacia el interior de la curva, tal y como se muestra en la siguiente figura. Es por ello que será necesario un mayor esfuerzo para negociar las curvas. Por otro lado, una posible flexión de la rueda delantera debida a un bache o cualquier otro imprevisto tendría un efecto menor en la estabilidad direccional.

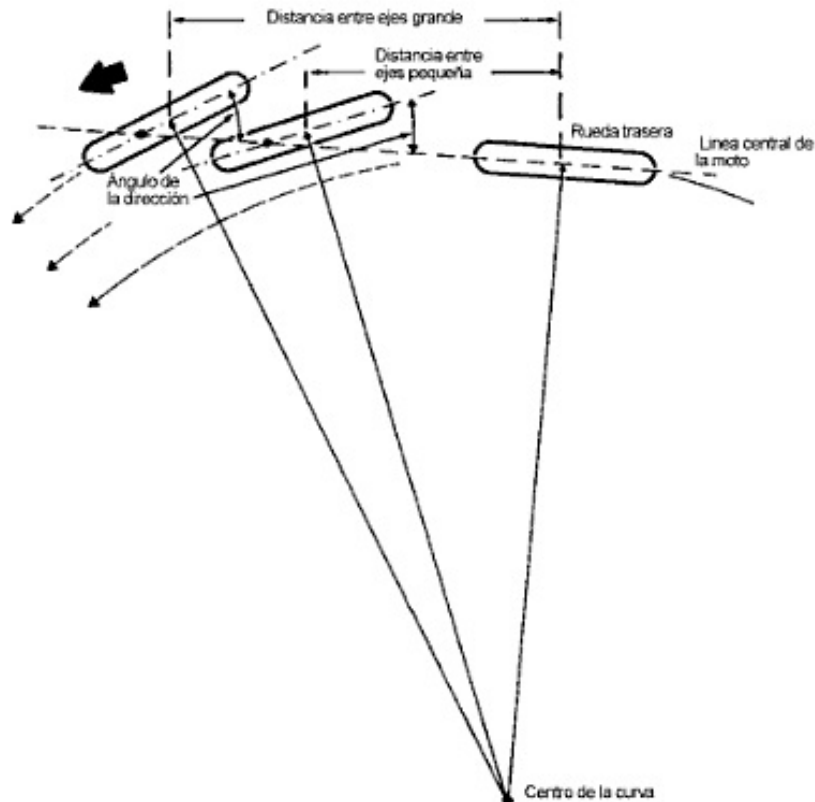


Figura 5.13. Ángulos de giro según la distancia entre ejes

- **Ángulo de la rueda trasera**

Para una determinada flexión lateral, el ángulo formado entre la rueda trasera y la dirección de avance es menor con una distancia entre ejes grande, por lo que mejoraría la estabilidad direccional. Esto es debido a que se reducen los desplazamientos laterales de la rueda trasera. Para una mejor apreciación se adjunta la siguiente figura.



Figura 5.14. Giro de la rueda trasera según la distancia entre ejes

- **Efectos de inercia**

La distancia entre ejes tiene un efecto determinante en la transferencia de pesos que ocurre durante la frenada y la aceleración de la motocicleta. Para una altura dada del centro de gravedad, una mayor distancia entre ejes supondrá una menor transferencia de pesos. Además, a mayor distancia entre ejes la moto se volverá más estable y dificultosa a la hora de moverla, debido al aumento de los momentos de inercia de los planos de cabeceo² y guiñada³.

5.2.4. Elección de geometrías

Una vez conocidos los parámetros geométricos más importantes y analizada detenidamente la enorme influencia de éstos en el comportamiento de la motocicleta se procederá al cálculo sobre qué valores deberán adoptar en nuestro diseño.

Se ha comprobado que no existe un solo diseño perfecto, sino que hay varias soluciones que pueden dar buenos resultados. Es por ello que nos basaremos en la experiencia de marcas contrastadas en el mundo de la competición, analizando las diferentes elecciones de geometrías y utilizándolas para tomar nuestra propia decisión.

² Movimiento de giro de la motocicleta hacia delante o atrás debido a las fuerzas de frenado y aceleración.

³ Movimiento angular alrededor del eje vertical.

Se van a coger seis modelos de diferentes marcas. Debido a la escasez de información técnica en cuanto a geometrías de las nuevas Moto3 de competición, nos valdremos de modelos de la antigua categoría de 125c.c., prácticamente idénticas en dimensiones a las Moto3. Los dos últimos modelos estudiados serán la Honda NSF250R, una de las primeros modelos de Moto3 en ver la luz, y la Aprilia RS utilizada también en competición.

Modelo	Distancia entre ejes (mm)	Ángulo de lanzamiento
Aprilia RS 125	1345	23°
Yamaha YZF R125	1355	23°
Derbi GPR 125	1355	23°
Cagiva Mito 125	1375	22°50'
Honda NSF 250R	1245	22°36'
Aprilia RS	1250	23°

Figura 5.15. Geometrías de diferentes chasis

Se puede observar como el ángulo de lanzamiento apenas varía, estando siempre alrededor de los 23°. En el valor de la distancia entre ejes sí existe mayor disparidad de valores, variando entre los 1350 milímetros en las motos de calle y reduciéndose hasta los 1250 milímetros en motos de competición. Es por ello que adoptaremos en nuestro diseño de chasis unos valores intermedios que nos aseguren un correcto funcionamiento de la motocicleta, siendo finalmente éstos:

- **Ángulo de lanzamiento: 23°**
- **Distancia entre ejes: 1290 - 1320 mm**

El **avance** variará en función de la longitud de las horquillas, pudiendo inclinar más o menos la moto, en función del estilo de conducción del piloto.

6. ANÁLISIS DE ESFUERZOS SOBRE LA MOTOCICLETA

En este apartado se muestran las principales fuerzas a las que es sometida la motocicleta en las distintas situaciones de máximo esfuerzo que se pueden plantear durante su uso, así como la explicación de cada una de ellas. La buena obtención de estos datos es un aspecto decisivo en el desarrollo del proyecto, ya que posteriormente serán introducidos en el programa de análisis por elementos finitos, el cual marcará el camino a seguir para la optimización del diseño.

Se tratarán dichas situaciones de forma independiente, explicándolas y mostrando gráficos y dibujos que aclaren las fuerzas que actúan sobre la motocicleta. Las cuatro situaciones estudiadas serán: la fase de máxima frenada con la rueda delantera, la de máxima frenada con la rueda trasera, la de máxima aceleración, y por último la fase de máxima velocidad de paso por curva. Se han escogido concretamente estas situaciones debido a que son aquellas que mas exigen al chasis.

Para comenzar el estudio es necesario establecer previamente una serie de parámetros en cuanto a peso y geometría:

El peso total se considerará de 150 Kg, con piloto, gasolina y aceite incluidos, debido a que así lo marca el reglamento de la competición "MotoStudent"; el coeficiente de rozamiento entre el suelo y los neumáticos de 1.2 (máxima adherencia para neumático deportivo con pista seca) estando dicho coeficiente mayorado debido a la imposibilidad de su obtención exacta. La distancia entre ejes estará entre 1280 y 1320mm, pudiendo variar gracias a los tensores del basculante. Una vez comprobado que el reparto de pesos se ha ajustado hasta alcanzar un **50-50**, y obtenido el ángulo α podremos determinar que la altura del centro de gravedad es de 541.55mm.

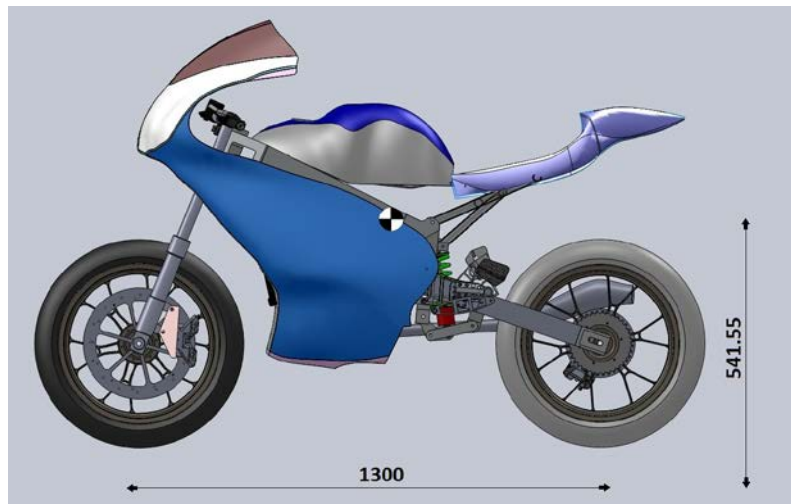


Figura 6.1. Distancia entre ejes y centro de gravedad

Sin embargo, el centro de gravedad no estará fijo debido entre otras cosas al movimiento del piloto en las curvas o al descenso de la gasolina durante la carrera, disminuyendo por tanto el peso total de la motocicleta. Esto deberá tenerse siempre presente durante el estudio para que los datos obtenidos se correspondan lo máximo posible con la realidad.

6.1. Fuerzas durante la máxima frenada con la rueda delantera

En este apartado se tratará la fase de máxima frenada con la rueda delantera, es decir, se considerará que solamente se frena con el freno delantero con la máxima eficiencia posible. Esto someterá a máxima flexión el chasis, ya el uso también del freno trasero haría disminuir el momento que provoca la horquilla en la pipa del chasis.

En este caso el peso, aplicado verticalmente hacia abajo en el centro de gravedad, vendrá dado por P , mientras que F_1 y F_2 representarán las reacciones a dicho peso, estando aplicadas verticalmente hacia arriba en el punto de contacto entre el suelo y el neumático delantero y trasero respectivamente. Por otro lado, F_F será la fuerza de frenado en sentido opuesto al movimiento y F_I la fuerza de inercia de la masa.

El vector resultante de la suma vectorial de P y F_I estará aplicado en el centro de gravedad y a su vez estará alineado en el caso límite con el vector resultante de la suma de la suma vectorial de F_F y F_1 . Si F_F y F_1 aumentarán su valor por encima de la situación límite el neumático trasero se despegaría del suelo y la motocicleta comenzaría a girar sobre situado en el punto de contacto entre el neumático delantero y el suelo, contrariamente a lo que sucedería en el caso de aceleración máxima (más adelante visto). Por ello, la situación límite la marcará la máxima adherencia del neumático.

Siguiendo los datos geométricos y de peso establecidos, tenemos que:

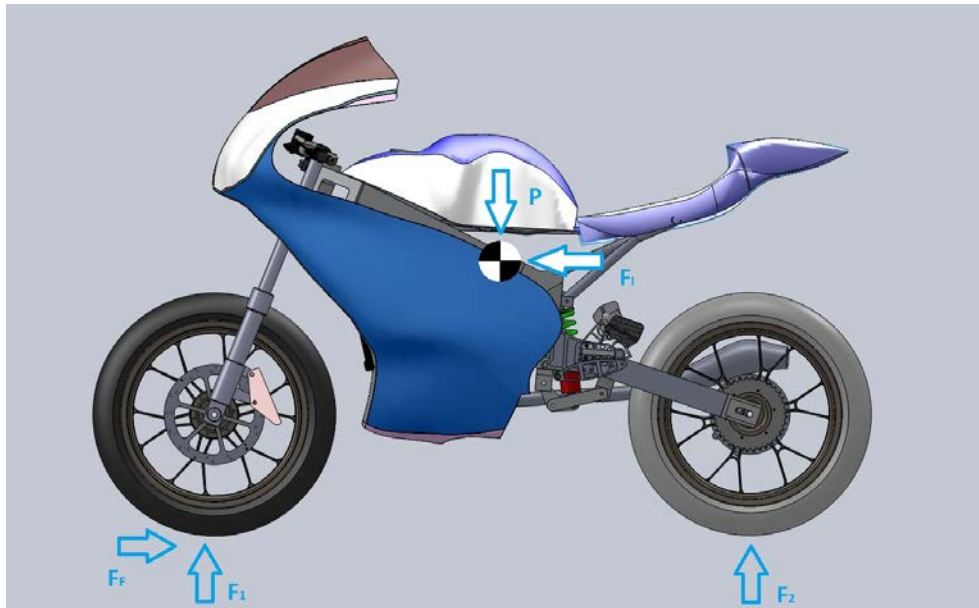


Figura 6.2. Fuerzas que actúan en la frenada con rueda delantera

$$\begin{aligned}F_1 &= 1471.5 \text{ N} \\F_f &= 1765.8 \text{ N} \\ \alpha &= 39,8^\circ \\F_1 = F_f &= 1765.8 \text{ N} \\F_2 &= 0\end{aligned}$$

6.2. Fuerzas durante la máxima frenada con la rueda trasera

En este apartado se tratan las fuerzas resultantes que aparecerían si se produjese una frenada máxima solo con la rueda trasera. Esta situación tan solo suele darse durante pequeños instantes de tiempo, al inicio de la frenada, justo antes de accionar el freno delantero. Estas fuerzas afectarán significativamente menos al chasis pero igualmente deben ser estudiadas y tenidas en cuenta.

En este caso, a diferencia del anterior, sí existe normal en las dos ruedas en todo momento. Cada fuerza normal debería ser la mitad del peso, pero debido a la variación del reparto de pesos justo en el instante después de accionar el freno se aplicará a la normal de la rueda de atrás F_2 un coeficiente teórico de 0,7 obtenido experimentalmente por técnicos e ingenieros.

Una vez realizados los cálculos y teniendo en cuenta dicho coeficiente teórico, obtenemos los siguientes datos:

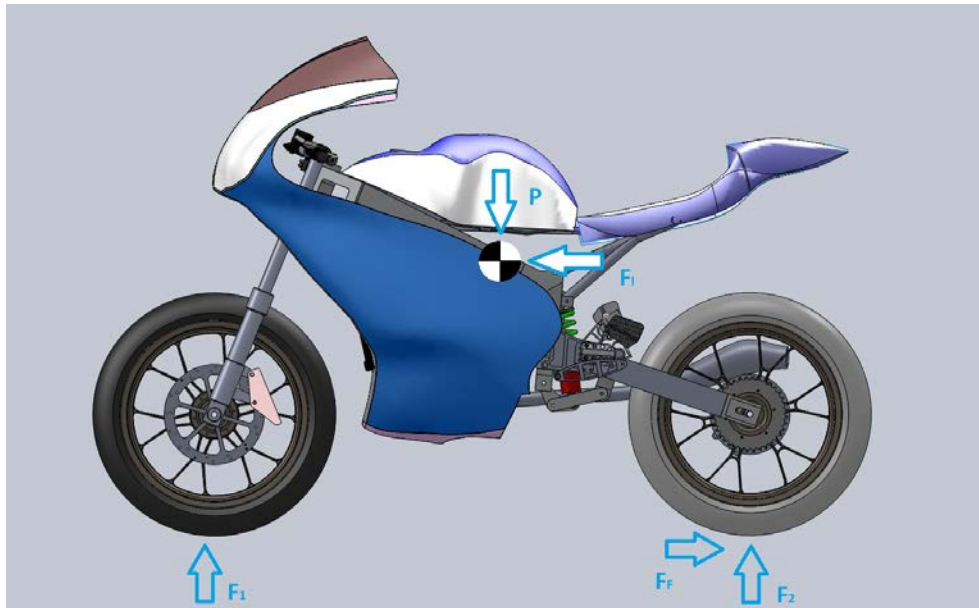


Figura 6.3. Fuerzas que actúan en la frenada con rueda trasera

$$\begin{aligned}F_2 &= 735.75 \text{ N} \\F_f = F_1 &= 618.03 \text{ N} \\P &= 1471.5 \text{ N}\end{aligned}$$

6.3. Fuerzas durante la máxima aceleración

En este caso se observarán las fuerzas a las que es sometida la motocicleta durante la fase de máxima aceleración. Como se puede ver en el dibujo, la fuerza que provoca la aceleración F_a está situada en el punto de contacto entre el neumático trasero y el suelo, llevando el mismo sentido que el movimiento de la motocicleta. El peso se designa con la letra **P**, estando aplicado en el centro de gravedad con sentido descendente. Por otro lado, sus reacciones F_1 y F_2 serán de sentido ascendente, estando aplicadas en el punto de contacto entre el suelo y el neumático delantero y trasero respectivamente. Por último, F_i representa la fuerza que se opone a la aceleración debido a la inercia de la motocicleta.

En la fase de máxima aceleración nos encontraremos con que la rueda delantera estará a punto de despegarse del suelo, comenzando a girar la motocicleta en sentido de las agujas del reloj sobre un eje imaginario situado en el punto de contacto entre el neumático trasero y el suelo, por lo que el límite lo marcará el agarre de dicho neumático.

Una vez conocidos los datos geométricos y de peso, y situadas las fuerzas que actúan sobre la motocicleta se realizan los cálculos correspondientes (explicados en el Anexo 1. Análisis de esfuerzos sobre la motocicleta) obteniendo los siguientes valores:

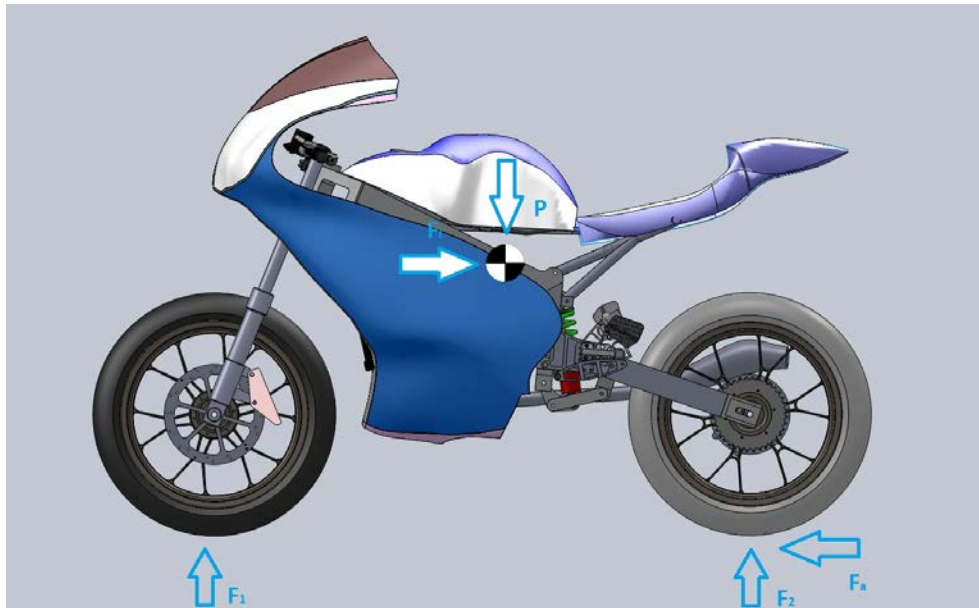


Figura 6.4. Fuerzas que actúan durante la aceleración máxima

$$\begin{aligned}F_2 &= 1471.5 \text{ N} \\F_1 = F_a &= 1765.8 \text{ N} \\ \alpha &= 39,8^\circ \\F_1 &= 0\end{aligned}$$

6.4. Fuerzas durante la máxima velocidad de paso por curva

Por último se realizará un estudio para determinar el valor de las fuerzas que actúan sobre la motocicleta cuando ésta se encuentra en el punto de inclinación máxima. Para ello se considera la situación de máxima velocidad de paso por curva, en la cual no existirán ni fuerzas de aceleración ni fuerzas de frenada, por lo que todas las fuerzas irán destinadas a vencer la fuerza centrífuga.

El vector resultante de la suma vectorial de F_1 y N estará alineado con el vector resultante de la suma vectorial de P y F_c , tanto en la rueda trasera como en la rueda delantera. El punto de aplicación de fuerza entre los neumáticos y el asfalto se verá desplazado hacia la derecha respecto al plano de simetría vertical de la moto debido a la inclinación. Este efecto es compensado por el piloto, que durante el paso por curva mantiene una posición "descolgado" hacia el interior de la curva, moviendo así el centro de gravedad también hacia la derecha y provocando un esfuerzo de torsión.

Teniendo en cuenta todo esto, una vez realizados los cálculos obtenemos los siguientes datos:

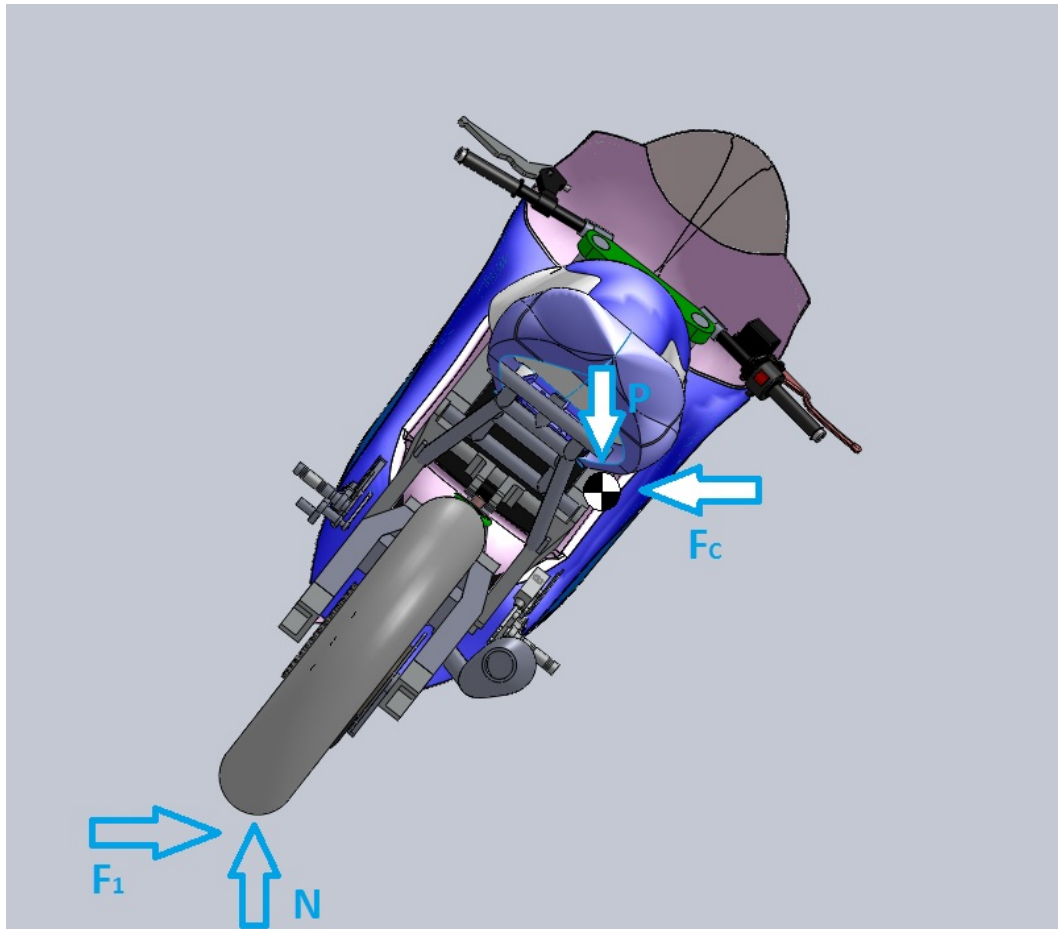


Figura 6.5. Fuerzas que actúan durante el paso por curva

$$\begin{aligned} N &= 735.75 \text{ N} \\ \alpha &= 39,8^\circ \\ F_1 = F_c &= 882.9 \text{ N} \end{aligned}$$

Los cálculos realizados para la obtención de estos valores se reflejarán en su totalidad en el **Anexo 2: Análisis de esfuerzos sobre la motocicleta**. Este anexo se encargará de justificar que los datos se han obtenido de manera coherente y siguiendo los procedimientos físicos y matemáticos adecuados.

7. ESTUDIO, ELECCIÓN Y ANÁLISIS DEL MATERIAL

En este capítulo se decidirá sobre qué material será empleado para la fabricación del chasis. Se compararán unos materiales con otros, estudiando sus prestaciones y seleccionando el que mejor se adapte a nuestras necesidades. Una vez seleccionado se enumerarán sus propiedades.

A la hora de decidir con qué material se fabricará el chasis hay que tener en cuenta una serie de características tales como: rigidez, densidad, ductilidad, resistencia, vida a fatiga y costes del material y del proceso, así como de los métodos de unión disponibles o requeridos. Los valores de estas características dependerán del tipo de uso y el grado de exigencia que se quiera obtener del chasis proyectado.

Las tensiones, en especial la tensión de rotura y el límite elástico, se usarán para medir la resistencia del chasis. La tensión se expresa como la fuerza aplicada por unidad de sección transversal del material, y la relación entre la carga aplicada y la deformación que produce se denomina módulo de Young.

Si se aplica a un trozo de material una tensión que esté por debajo del límite elástico, tendrá lugar una cierta deformación de carácter elástico, ya que al eliminar la tensión aplicada, el material volverá a tener la forma y tamaño anteriores. Por el contrario, si se continúa aplicando más carga por encima del límite elástico, habrá un punto en el que se llegaría al límite de rotura y el material rompería. El valor de la tensión que se debe aplicar para llegar desde el límite elástico hasta el límite de rotura da una idea de la ductilidad del material.

La ductilidad determina el tipo de rotura que sufre el material, de tal forma que si éste sufre una gran deformación antes de romperse, se dirá que el material es dúctil. Sin embargo, si se trata de un material que rompe repentinamente, con escasa deformación, se dirá que éste es frágil. En el caso que nos ocupa, los chasis de motocicleta, es recomendable que sean fabricados con materiales dúctiles, de tal manera que sean capaces de soportar un cierto nivel de sobrecarga sin llegar a la rotura.

7.1. Estudio y selección del material

Existe una amplia gama de materiales idóneos para la fabricación de un chasis, tales como el titanio, el magnesio, el acero al cromo-molibdeno, la fibra de carbono, y sobre todo el acero y el aluminio. Es por ello que se estudiarán cada uno de los materiales, comparándolos y seleccionando el que mejor se adapte a nuestras necesidades.

7.1.1. Titanio

El titanio es un elemento metálico de color gris oscuro, de gran dureza, resistente a la corrosión y de propiedades físicas parecidas a las del acero. Presenta una estructura hexagonal compacta, es duro, refractario y buen conductor de la electricidad y el calor. También se caracteriza por su alta resistencia a la corrosión y, cuando está puro, se tiene un metal ligero, fuerte, brillante y blanco metálico de una relativa baja densidad. Posee muy buenas propiedades mecánicas y además tiene la ventaja ya mencionada, frente a otros metales de propiedades mecánicas similares, de que es relativamente ligero.

La aleación más empleada es la Ti-6Al-4V (con un 6% de Aluminio y un 4% de Vanadio), que tiene unas extraordinarias propiedades mecánicas: Resistencia a la tracción de 896 MPa, límite elástico de 827 MPa, ductilidad del 10%, dureza de 33 HRB y una soldabilidad muy buena. Las aleaciones de Titanio permiten una la fabricación de piezas con una relación resistencia/masa envidiable y es posible esto le haga ser el material del futuro para la construcción de elementos mecánicos, con resultados excepcionales, en el campo de las motocicletas de competición.

El principal problema de su utilización radica en el alto coste comparado con otros materiales de características similares, así como la disponibilidad de medios para tratarlo.

7.1.2. Magnesio

El magnesio elemental es un metal liviano, medianamente fuerte, color blanco plateado. En contacto con el aire se vuelve menos lustroso, aunque a diferencia de otros metales alcalinos no necesita ser almacenado en ambientes libres de oxígeno, ya que está protegido por una fina capa de óxido, la cual es bastante impermeable y difícil de sacar.

El magnesio, tanto fundido como trabajado con otros métodos, se ha usado para construir chasis de espina central. Además de su elevado coste y de las dificultades que presenta para soldar, tiene la dificultad añadida de una vida limitada, debido tanto a la falla por fatiga como a la corrosión.

7.1.3. Acero al cromo-molibdeno

Menos común que el resto en los chasis de motocicletas. Se trata de uno de los aceros inoxidables. Tanto el cromo como el molibdeno se emplean para evitar corrosión y oxidación. Además, el molibdeno también le da mayor resistencia a impactos.

7.1.4. Fibra de carbono

Se denomina fibra de carbono al material compuesto de plástico reforzado con grafito o con fibras de carbono. Es un material muy caro, fuerte y ligero. El plástico (resina) es habitualmente epoxy, aunque otros plásticos como el poliéster también se usan como base para la fibra de carbono. Su densidad es de 1.750 kg/m³. Es conductor eléctrico y de baja conductividad térmica. Posee una gran resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad elevado, así como una baja densidad en comparación con otros materiales como el acero.

Sin embargo, comparte el mismo problema que el titanio, su altísimo precio. Las razones del elevado precio de los materiales realizados en fibra de carbono se deben a dos factores principales. Por un lado el refuerzo, o fibra, es un polímero sintético que requiere un caro y largo proceso de producción, llegando a durar semanas o incluso meses. Además, por otro lado, el uso de materiales termoestables dificulta el proceso de creación de la pieza final, ya que se requiere de un complejo utillaje especializado.

7.1.5. Acero

Se entiende por acero la aleación de hierro y carbono en la que el porcentaje de carbono varía entre el 0.03% y el 2% en peso. Porcentajes mayores que el 2% de carbono dan lugar a las fundiciones, mientras que aquellos con porcentajes menores al 0.03% se denominan hierro dulce o simplemente hierro.

La diferencia fundamental entre acero y fundiciones es que los aceros son, por su ductilidad, fácilmente deformables en caliente, bien por forja, laminación o extrusión, mientras que las fundiciones se fabrican generalmente por moldeo. Igualmente el acero se distingue del hierro en que puede templarse adquiriendo extraordinaria dureza, mientras que el hierro dulce (blando y dúctil aunque resistente) no puede endurecerse mediante dicho procedimiento. Al estado endurecido del acero se le suele llamar "acritud".

7.1.6. Aluminio

El aluminio es un metal ligero, blando pero resistente de aspecto gris plateado. Su densidad es aproximadamente un tercio de la del acero, es muy maleable, dúctil y apto para el mecanizado y la fundición. Debido a su elevado calor de oxidación se forma rápidamente al aire una fina capa superficial de óxido impermeable y adherente que detiene el proceso de oxidación proporcionándole resistencia a la corrosión y durabilidad.

La elevada cantidad de energía necesaria para su obtención dificulta su mayor utilización, debido a que aumenta su precio. Además es más difícil de trabajar que otros materiales como el acero. Sin embargo, esto puede compensarse con su bajo coste de reciclado, su dilatada vida útil y la estabilidad de su precio.

7.1.7. Selección del material definitivo del chasis

Tras definir cada uno de los materiales y enumerar sus propiedades, así como verificar los resultados experimentales obtenidos a lo largo de la historia de la fabricación de chasis y comprobar los materiales permitidos por la Organización de la competición, se puede concluir que los materiales que mejor se adaptan a las necesidades requeridas son el acero y el aluminio.

Las ventajas del acero sobre el aluminio residen en que es más barato y más fácil de trabajar. Además, tiene una mayor tenacidad, es decir, puede absorber vibraciones, torsiones o impactos sin rajarse o romperse. Sin embargo, la fabricación del chasis será marcada como primordial en el proyecto global de la construcción de la motocicleta, por lo que la diferencia de precio entre acero y aluminio se despreciará, tratando de no escatimar gastos en este punto. Por otro lado, en el diseño se minimizarán las vibraciones, por lo que estas desventajas no serán tenidas especialmente en cuenta.

Como ventaja del aluminio sobre el acero tenemos que éste es mucho más ligero que el acero, alrededor de tres veces, lo cual constituye una gran ventaja consiguiendo chasis muy resistentes y ligeros, lo cual es el principal objetivo en el diseño. Además, el aluminio no se oxida ni se erosiona con facilidad, al contrario que la mayoría de aceros.

Es por todo ello que el material elegido para la fabricación del chasis será el aluminio, considerando éste como el más idóneo para cubrir las necesidades requeridas en la competición.

7.2. Análisis de las propiedades y elección de las aleaciones de aluminio

Una vez seleccionado el aluminio como el material con el que se va a fabricar el chasis, se deberá decidir sobre qué tipo de aluminio emplear en cada uno de los componentes. Para ello se estudiarán diferentes catálogos y se consultará la opinión y experiencia de los fabricantes.

Con el fin de facilitar la observación de las diferencias entre las aleaciones de aluminio, se ilustrarán en gráficas cada una de las propiedades más relevantes, viendo como varía dicha propiedad en función de la aleación. Posteriormente se adjuntará una tabla con los valores numéricos que tienen dichas propiedades en cada aleación. Estas propiedades serán la carga a la rotura, el límite elástico, el alargamiento y la dureza.

7.2.1. Carga a rotura o resistencia a la tracción

Mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente hasta la rotura de la probeta.

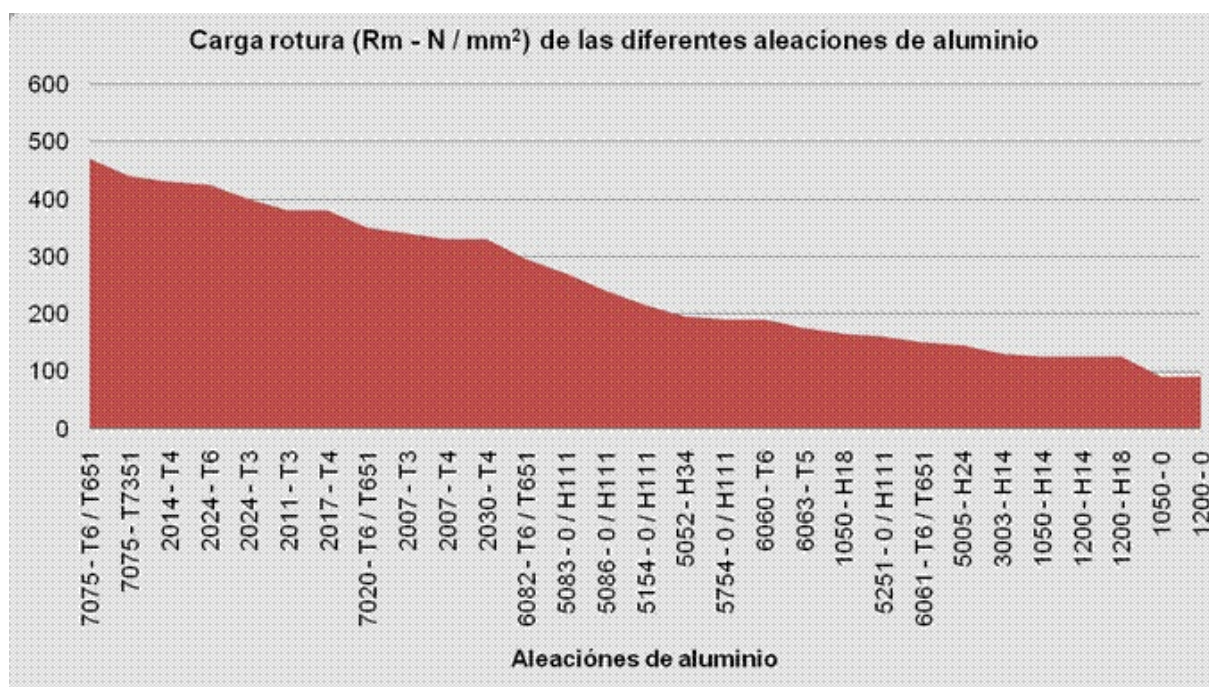


Figura 7.1. Gráfica de carga a rotura de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	CARGA ROTURA $R_m - N / mm^2$
7075 - T7351	440
7075 - T6 / T851	470
2024 - T6	425
7020 - T6 / T851	350
2024 - T3	400
2007 - T3	340
2014 - T4	430
2007 - T4	330
2017 - T4	380
2011 - T3	380
8081 - T6 / T851	150
8082 - T6 / T851	295
2030 - T4	330
8080 - T6	190
5052 - H34	195
5083 - 0 / H111	270
5088 - 0 / H111	240
8083 - T5	175
5154 - 0 / H111	215
5754 - 0 / H111	190
5251 - 0 / H111	160
1200 - H18	125
3003 - H14	130
5005 - H24	145
1050 - H18	165
1200 - H14	125
1050 - H14	125
1200 - 0	90
1050 - 0	90

Figura 7.2. Valor numérico de carga a rotura

7.2.2. Límite elástico

Tensión a partir de la cual el material tiene una deformación plástica del 0,2 %. Una vez superado este límite elástico el material no volverá a recuperar su forma y dimensión anterior.

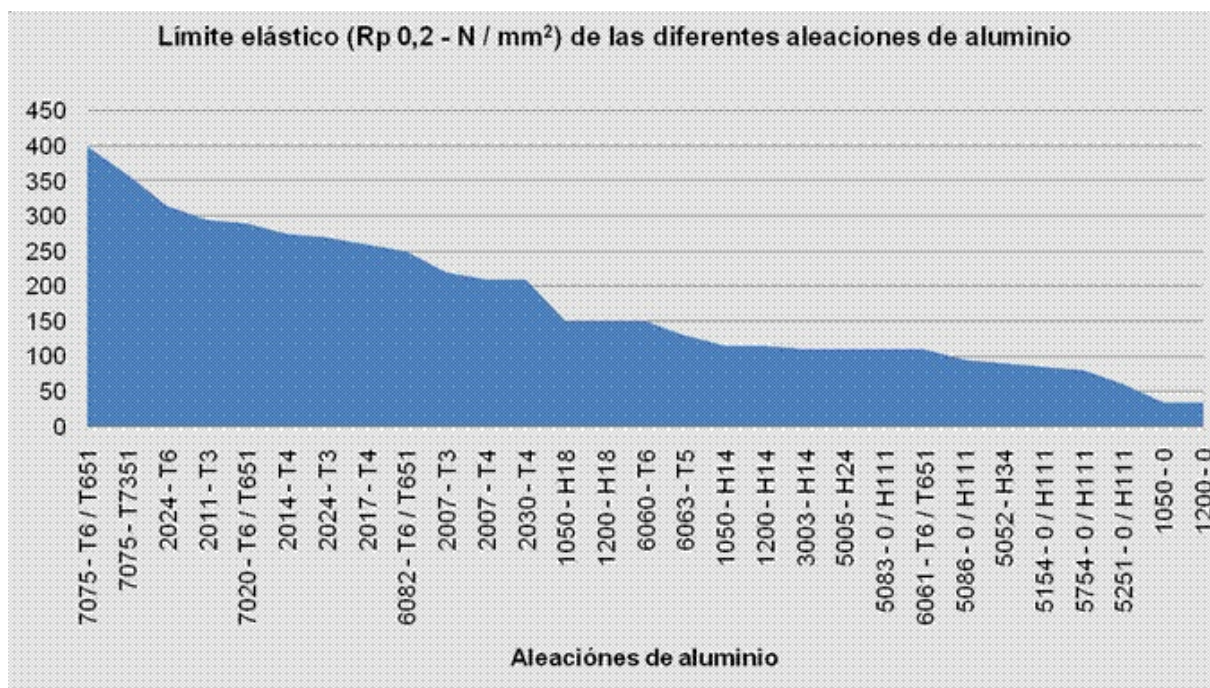


Figura 7.3. Gráfica de límite elástico de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	LÍMITE ELÁSTICO Rp 0,2 - N / mm ²
7075 - T7351	380
7075 - T6 / T651	400
2024 - T6	315
7020 - T6 / T651	290
2024 - T3	270
2007 - T3	220
2014 - T4	275
2007 - T4	210
2017 - T4	280
2011 - T3	295
6061 - T6 / T651	110
6062 - T6 / T651	250
2030 - T4	210
6060 - T6	150
5052 - H34	90
5083 - 0 / H111	110
5086 - 0 / H111	95
6063 - T5	130
5154 - 0 / H111	85
5754 - 0 / H111	80
5251 - 0 / H111	80
1200 - H18	150
3003 - H14	110
5005 - H24	110
1050 - H18	150
1200 - H14	115
1050 - H14	115
1200 - 0	34
1050 - 0	34

Figura 7.4. Valor numérico del límite elástico

7.2.3. Alargamiento

Aumento de longitud (%) que tiene un material cuando se le somete a un esfuerzo de tracción antes de producirse su rotura.

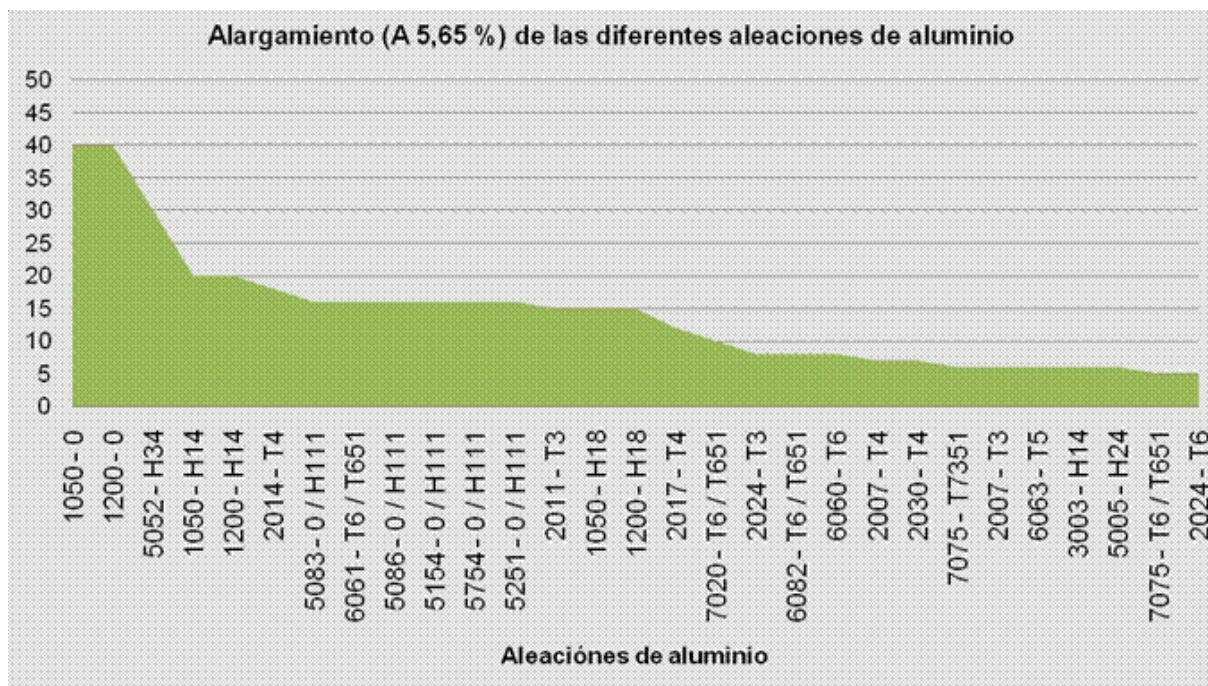


Figura 7.5. Gráfica de alargamiento de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	ALARGAMIENTO A 5,65 %
7075 - T7351	6
7075 - T6 / T651	5
2024 - T6	5
7020 - T6 / T651	10
2024 - T3	8
2007 - T3	6
2014 - T4	18
2007 - T4	7
2017 - T4	12
2011 - T3	15
6061 - T6 / T651	16
6062 - T6 / T651	8
2030 - T4	7
6060 - T6	8
5052 - H34	30
5083 - 0 / H111	16
5086 - 0 / H111	16
6063 - T5	6
5154 - 0 / H111	16
5754 - 0 / H111	16
5251 - 0 / H111	16
1200 - H18	15
3003 - H14	6
5005 - H24	6
1050 - H18	15
1200 - H14	20
1050 - H14	20
1200 - 0	40
1050 - 0	40

Figura 7.6. Valor numérico del alargamiento

7.2.4. Dureza

Al tratarse de la dureza Brinell, medirá la penetración de una bola de acero en el material a estudiar.

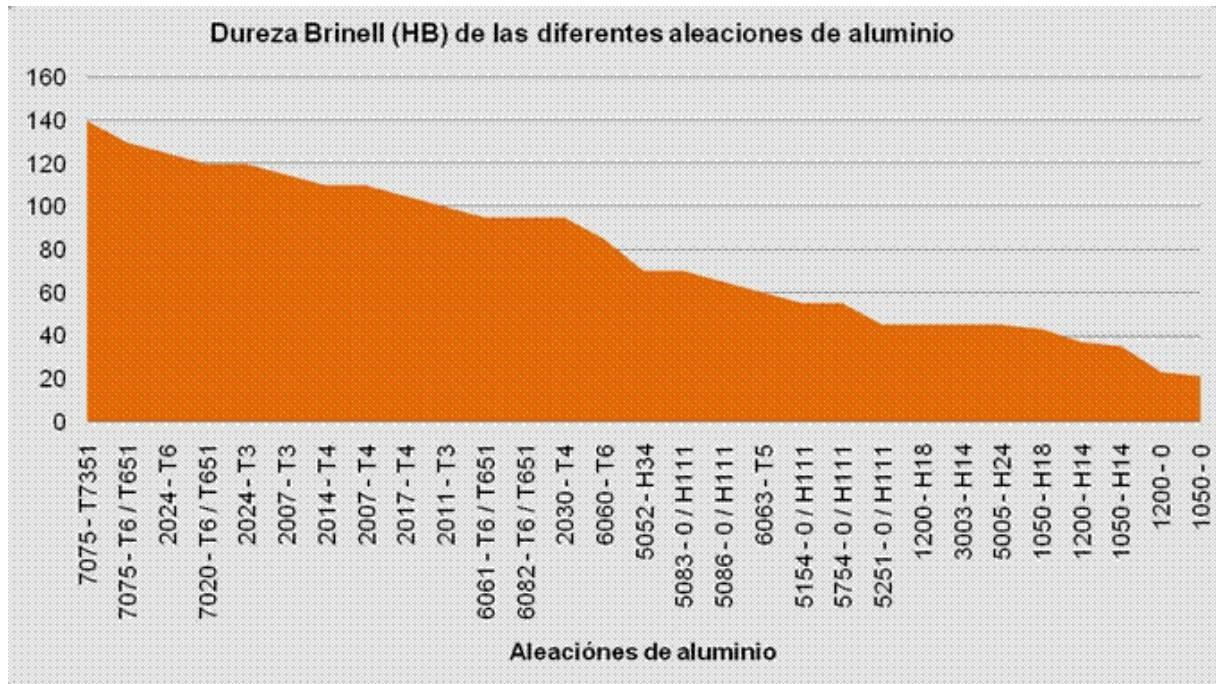


Figura 7.7. Gráfica de dureza Brinell de las diferentes aleaciones de aluminio

ALEACION NORMAS A.A.	DUREZA BRINELL HB
7075 - T7351	140
7075 - T6 / T651	130
2024 - T6	125
7020 - T6 / T651	120
2024 - T3	120
2007 - T3	115
2014 - T4	110
2007 - T4	110
2017 - T4	105
2011 - T3	100
6061 - T6 / T651	95
6062 - T6 / T651	95
2030 - T4	95
6060 - T6	85
5052 - H34	70
5083 - 0 / H111	70
5086 - 0 / H111	65
6063 - T5	60
5154 - 0 / H111	55
5754 - 0 / H111	55
5251 - 0 / H111	45
1200 - H18	45
3003 - H14	45
5005 - H24	45
1050 - H18	43
1200 - H14	37
1050 - H14	35
1200 - 0	23
1050 - 0	21

Figura 7.8. Valor numérico de la dureza Brinell

7.2.5. Selección de las aleaciones

Tras observar y comparar las propiedades más relevantes de las diferentes aleaciones, y consultar la opinión de expertos en la materia, se ha realizado una valoración acerca del mejor resultado calidad/precio.

Se ha comparado por separado las necesidades para la fabricación de la pipa de dirección y las pletinas, necesitando para ello un bloque macizo, y para la fabricación de las vigas, necesitando en este caso perfiles huecos.

El resultado obtenido indica que la mejor aleación para la fabricación de la pipa y las pletinas es el **6082-T6**, mientras que para los perfiles de las vigas será el **6063-T5**. Se puede observar que ambos materiales se encuentran en la zona media-alta en los análisis de las propiedades más importantes, lo que hace notar que se tratan de unos excelentes materiales, sin llegar a ser los mejores, por lo que su precio no es excesivamente elevado.

7.3. Descripción de las aleaciones seleccionadas

Las principales normas que se refieren a los aluminios son las normas U.N.E. (Europa), AFNOR (Francia), AA (Estados Unidos), D.I.N. (Alemania) y U.N.I. (Italia). En todas ellas se puede observar que el primer dígito tanto del 6082-T6 como del 6063-T5, el 6, indica que se trata de una aleación de Aluminio-Silicio-Magnesio.

Por otro lado la "T" indica que han soportado un tratamiento térmico de endurecimiento estructural para producir estados distintos F, O y H. Esta "T" se aplica a semi-productos en los que se aumenta su resistencia mecánica mediante tratamiento térmico con o sin acritud suplementaria, para obtener estados estables. La letra "T" va siempre seguida de uno o más dígitos.

7.3.1. Aleación 6082-T6

COMPOSICIÓN QUÍMICA										
%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	
Mínimo	0,70			0,40	0,60				Otros	Total
Máximo	1,30	0,50	0,10	1,00	1,20	0,25	0,20	0,10	0,05	0,10
										El resto

Figura 7.9. Composición química de la aleación de aluminio 6082-T6

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Módulo elástico N / mm ²	Peso específico g / cm ³	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1 / 10 ⁶ K	Conductividad térmica W / m K	Resistividad eléctrica a 20°C - μΩ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
70.000	2,71	575 - 650	23,1	T4 - 167 T6 - 172	T4 - 4,1 T6 - 3,9	T4 - 42 T6 - 44	- 0,83

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA ALEACIÓN A DIFERENTES TEMPERATURAS

Estado	-195°C			-80°C			-30°C			+25°C			+100°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65
T6	395	330	16	330	290	13	315	280	12	315	280	12	300	265	14

Estado	+150°C			+205°C			+260°C			+315°C			+370°C		
	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65	Rm	Rp 0,2	A 5, 65
T6	240	220	17	130	105	28	50	35	60	30	18	80	20	12	85

Rm N/mm² ; Rp N/mm² ; A 5,65 %.

Según normas A.A.

Figura 7.10. Propiedades de la aleación de aluminio 6082

Esta aleación es de características medias y buena forjabilidad. Esta aleación que endurece por tratamiento térmico, tiene una buena aptitud a la soldadura pero pierde casi un 30% de la carga de rotura en la zona soldada, por lo que se aconseja hacer un tratamiento de maduración para recuperar las características perdidas. Es por ello que se le realiza el tratamiento térmico T6. Tal y como se puede observar en las gráficas del apartado anterior, esta aleación posee una resistencia a la tracción de 295 MPa y un límite elástico de 250 MPa.

Se entiende por T6 el tratamiento térmico de solución, temple y maduración artificial. Es aplicado a los semi-productos que después de un tratamiento de solución temple y maduración artificial mejoran sus propiedades mecánicas. Se incluyen en este estado los productos que después del temple son sometidos a un aplanado o enderezado por tracción sin efecto sobre las propiedades mecánicas.

7.3.2. Aleación 6063-T5

COMPOSICIÓN QUÍMICA

%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros elementos	Al
Mínimo	0,30	0,50			0,60					
Máximo	0,60	0,35	0,10	0,15	0,90	0,05	0,15	0,20	0,15	El resto

Figura 7.11. Composición química de la aleación de aluminio 6063-T5

PROPIEDADES FÍSICAS TÍPICAS (a temperatura ambiente de 20°C)

Módulo elástico N / mm ²	Peso específico g / cm ³	Intervalo de fusión °C	Coefficiente de dilatación lineal 1 / 10 ⁶ K	Conductividad térmica W / m K	Resistividad eléctrica a 20°C - μΩ cm	Conductividad eléctrica % IACS	Potencial de disolución V
69.500	2,70	615 - 655	23,5	T1 - 193 T5 - 209	T1 - 3,4 T5 - 3,1	T1 - 50,5 T5 - 55,5	- 0,80

Figura 7.12. Propiedades de la aleación de aluminio 6063-T5

Esta aleación será la empleada para la fabricación de las vigas del chasis. Se trata de una buena elección ya que dicha aleación posee unas grandes características en perfiles de formas muy variadas. En este caso se requerirá de perfiles rectangulares, los cuales serán cortados posteriormente. Si se observan las gráficas y tablas del apartado anterior se comprobará que esta aleación posee una resistencia a la tracción de 175 MPa y un límite elástico de 130 MPa.

Esta vez el tratamiento térmico será un T5, siendo éste un temple desde la temperatura de extrusión y maduración artificial. Es aplicado a los semi-productos que desde la temperatura de extrusión reciben un enfriamiento con aire forzado a velocidad suficiente (temple), de manera que con una maduración artificial posterior se incrementan sus propiedades mecánicas. Se incluyen en este estado los productos que después del enfriamiento son sometidos a un aplanado o enderezado por tracción, sin efectos sensibles sobre las propiedades mecánicas.

7.4. Análisis y control del material recibido

Una vez recibido el material se procederá a la comprobación de que dicho material se corresponde con lo pedido. Es de vital importancia comprobar esto, ya que todos los cálculos de dimensionado del chasis se harán suponiendo que este material posee las propiedades mecánicas establecidas por el fabricante y por tanto soportará todas las fuerzas y tensiones que se generen. El material a analizar será el 6082-T6, debido a que será éste el que más tensión soportará durante el funcionamiento de la motocicleta.

7.4.1. Análisis químico

Tras realizarse un exhaustivo análisis químico en el laboratorio se obtiene que la composición química de la aleación recibida es la siguiente:

	Si %	Fe %	Cu %	Mn %	Mg %	Cr %	Ni %	Zn %
\bar{x}	1.17	0.300	0.021	0.66	0.99	0.016	<0.0010	0.0025
s	0.038	0.026	0.0014	0.048	0.034	0.0006	0.0005	0.0027
sr	3.231	8.801	6.486	7.220	3.405	3.630	49.057	108.437
	Ti %	Ag %	B %	Be %	Bi %	Ca %	Cd %	Co %
\bar{x}	0.010	<0.0001	0.0016	0.0001	<0.0010	0.0076	0.0006	<0.0010
s	0.0032	0.0000	0.0008	0.0000	0.0009	0.0034	0.0003	0.0002
sr	30.673	48.087	51.584	0.881	89.634	44.367	50.026	24.730
	Li %	Na %	P %	Pb %	Sn %	Sr %	V %	Zr %
\bar{x}	<0.0002	0.0028	<0.0010	<0.0005	<0.0010	<0.0001	0.020	<0.0003
s	0.0000	0.0014	0.0004	0.0003	0.0014	0.0000	0.0014	0.0001
sr	7.517	49.541	39.648	60.755	144.478	36.098	7.123	27.931
	Al %	Bg %						
\bar{x}	96.8	96.8						

Figura 7.13. Análisis químico 6082-T6

Se puede observar que tanto el Silicio, el Manganeseo o el Magnesio se encuentran dentro de los intervalos teóricos marcados en la Figura 7.9. Por otro lado el Hierro, Cobre, Cromo, Zinc o Titanio se encuentran por debajo del porcentaje máximo admisible. Es por ello que se puede concluir que la composición química de la aleación recibida es correcta.

7.4.2. Ensayo de dureza

Se ha realizado también un ensayo de dureza sobre el material. Se tratará de un ensayo de dureza Rockwell-D. En este caso el penetrador usado será una bola de acero y la carga aplicada será de 100 kilogramos.

En la Tabla se muestran los valores obtenidos en el ensayo de dureza realizado:

Medida	Valor
1	48.6
2	53.3
3	54.5
4	53.6
5	54.1
6	55.3
Media	53.2

Para la realización de este ensayo se preparó debidamente un cilindro de 20mm de diámetro y 9.5mm de espesor con el que realizar las medidas.



Figura 7.14. Cilindro 6082-T6

7.4.3. Ensayo de tracción

Para la realización de este ensayo a tracción se fabricó una probeta normalizada según la norma.



Figura 7.15. Probeta 6082-T6

Los datos geométricos de la probeta son los siguientes:

- Longitud: 148.65 mm
- Diámetro interior: 14.2 mm
- Diámetro interior rosca: 17.4 mm
- Diámetro exterior rosca: 19.8 mm
- Paso de la rosca: 2.1 mm

El ensayo se realizó a una velocidad de 300 N/s. Se tomó como Longitud inicial (L_0) 60mm y como Diámetro inicial (D_0) 14.2mm. La Longitud final (L_f) obtenida fue de 70.57mm y el diámetro final (D_f) obtenido fue de 11.9mm.

Una vez realizado el ensayo se obtuvo la gráfica Fuerza/Alargamiento, observándose que aparentemente la probeta de la aleación 6082-T6 soportaba grandes esfuerzos a tracción, así como produciendo un gran alargamiento. Sin embargo se comprobó analíticamente utilizando los datos de la gráfica.

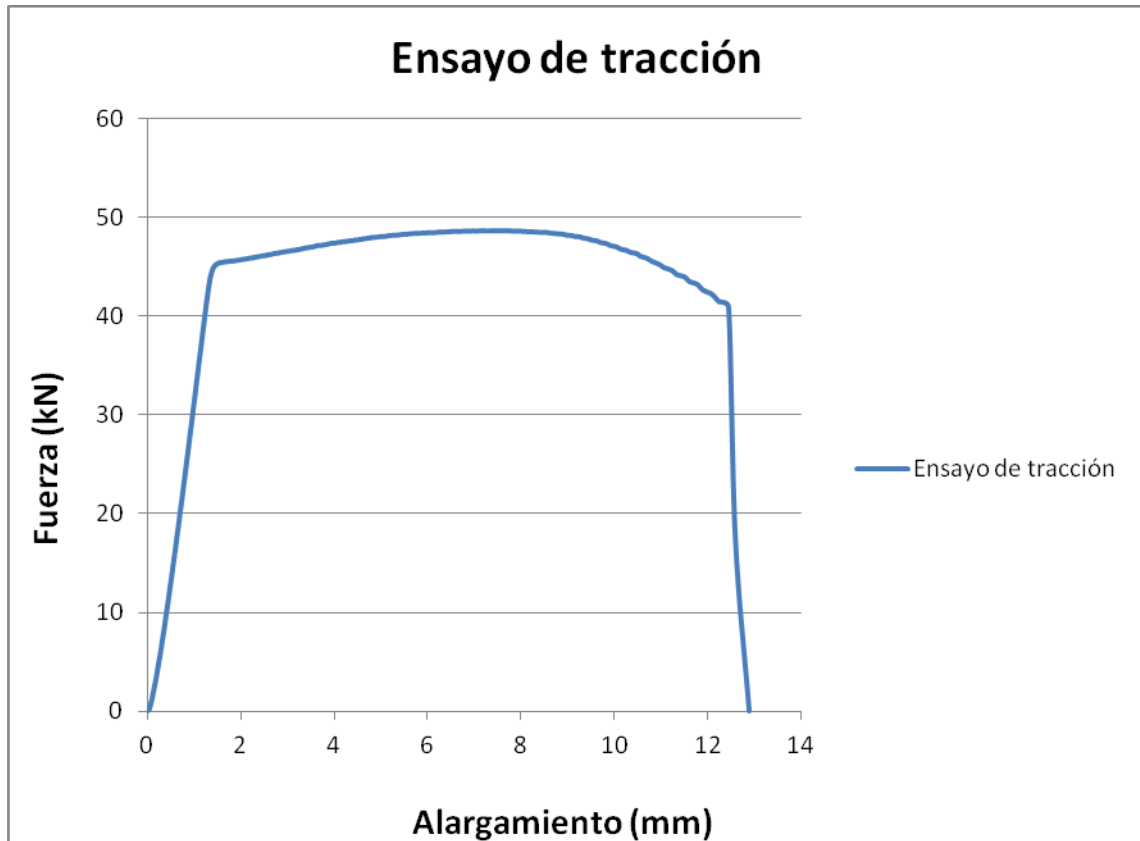


Figura 7.16. Gráfica de ensayo de tracción

Con los valores de la gráfica se calculan las diferentes propiedades:

$$\diamond \text{ Alargamiento } (\epsilon) = \frac{\Delta l}{L_0} * 100 = \frac{70.57 - 60}{60} * 100 = 17.6\%$$

$$\diamond \text{ Estricción } (\psi_R) = \frac{\Delta S}{S_0} * 100 = \frac{D_0^2 - D_f^2}{D_0^2} * 100 = \frac{14.2^2 - 11.9^2}{14.2^2} * 100 = 29.78\%$$

$$\diamond \text{ Resistencia a fluencia } (S_y) = \frac{45000}{\frac{\pi * 14.2^2}{4}} = 284.1 \text{ Mpa}$$

$$\diamond \text{ Resistencia última de rotura } (S_{ut}) = F_R / S_0 = \frac{48710}{\frac{\pi * 14.2^2}{4}} = 307.6 \text{ MPa}$$

Se puede observar que los resultados obtenidos se acercan, e incluso superan, a los teóricamente asignados al material. Es por ello que se puede concluir tras todos los ensayos y análisis que el material 6082-T6 recibido es correcto y cumple con los requisitos exigidos para la fabricación del chasis.

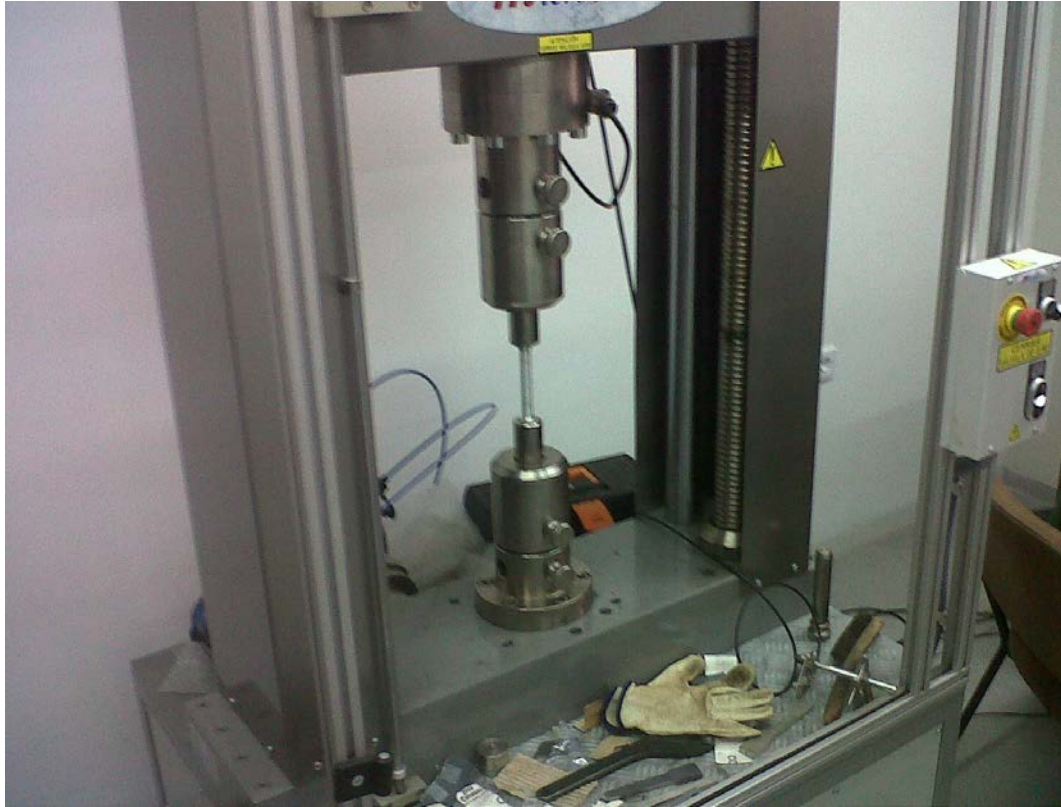


Figura 7.17. Momento del ensayo a tracción

8. DISEÑO, ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CHASIS

Una vez conocido el tipo de chasis que se quiere diseñar, así como las fuerzas que debe soportar y el material del que estará hecho, se está en disposición de diseñar y dimensionar el chasis definitivo.

Para llegar al diseño final se deberá pasar por una serie de estados intermedios, los cuales irán sufriendo sucesivas optimizaciones con el fin de obtener un diseño final con las mejores prestaciones posibles. Para ello se partirá del diseño de chasis de la edición anterior, la “I Competición Internacional MotoStudent”, debido a que se trata también de un chasis de doble viga y ofreció una notable actuación en la competición.

Los análisis que marcarán el camino de la optimización se realizarán con el programa de análisis por elementos finitos “ANSYS”, mientras que los diseños serán realizados con el programa CAD de diseño 3D “SolidWorks”. El funcionamiento e historia de dichos programas será explicado en capítulos posteriores.

La realización de estos análisis se hará introduciendo las fuerzas que se han obtenido en el Anexo de Fuerzas y comprobando que las tensiones que soportará el chasis no sobrepasan el límite elástico del material, y mucho menos el límite de rotura. Si se observa que dichas tensiones se encuentran muy alejadas del límite elástico el chasis estará sobredimensionado, pudiéndose así aligerar peso o rediseñar algunos componentes.

8.1. Chasis de partida

Como ya se ha mencionado, el diseño partirá del chasis fabricado en la “I Competición Internacional MotoStudent”. Dicho chasis era un chasis doble viga y estaba construido en aluminio 6061. El rendimiento que ofreció en la competición fue excelente por lo que supone un punto de partida inmejorable.

Para comenzar se analizará visualmente el chasis, el cual supondrá la base sobre la que irá orientado el diseño final del presente proyecto.

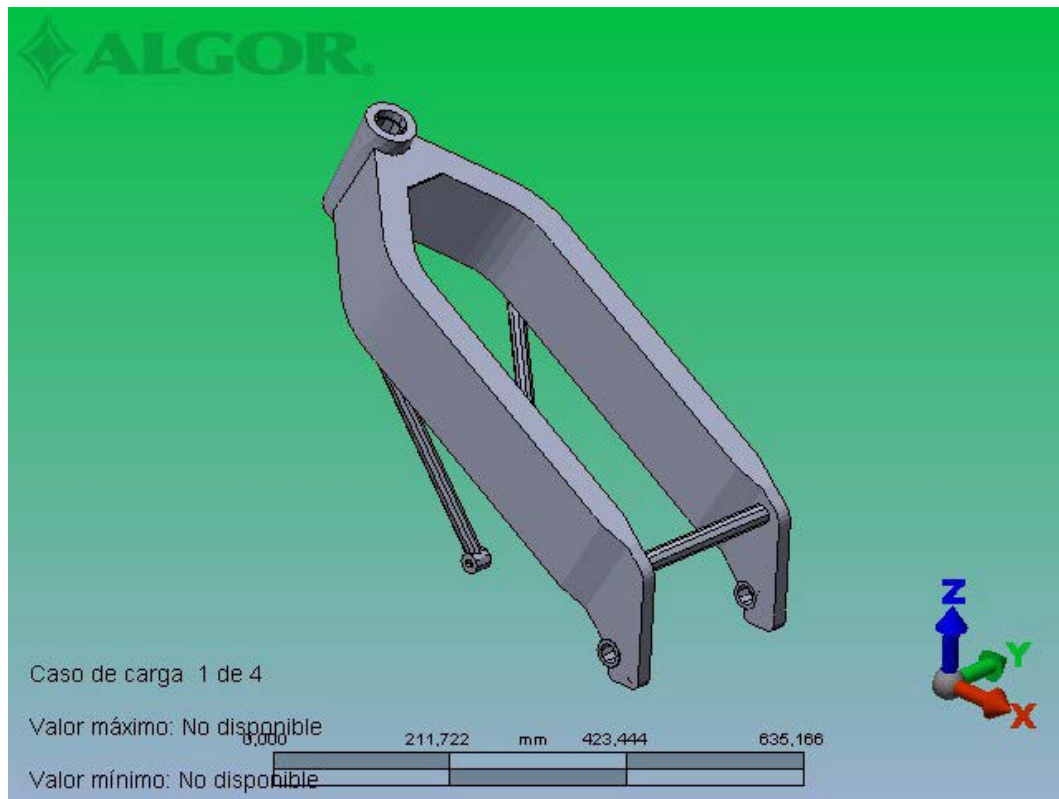


Figura 8.1. Chasis "I Competición Internacional MotoStudent"

Posteriormente se observarán los análisis realizados y se podrá proceder a la optimización de los puntos débiles. Los análisis que se realizarán serán para las situaciones de máxima frenada con rueda delantera y máxima velocidad de paso por curva, ya que tras estudiar en el "Capítulo 6" las fuerzas a las que estará sometido el chasis se ha observado que dichas situaciones serán las que más le exijan. Además, se realizará un análisis aplicando una carga vertical y otro aplicando una carga horizontal, ya que esto será parte de las pruebas estáticas que deberá superar la motocicleta en la "II Competición Internacional MotoStudent".

A continuación se muestran los estados de tensión a los que estará sometido el chasis durante las diferentes situaciones.

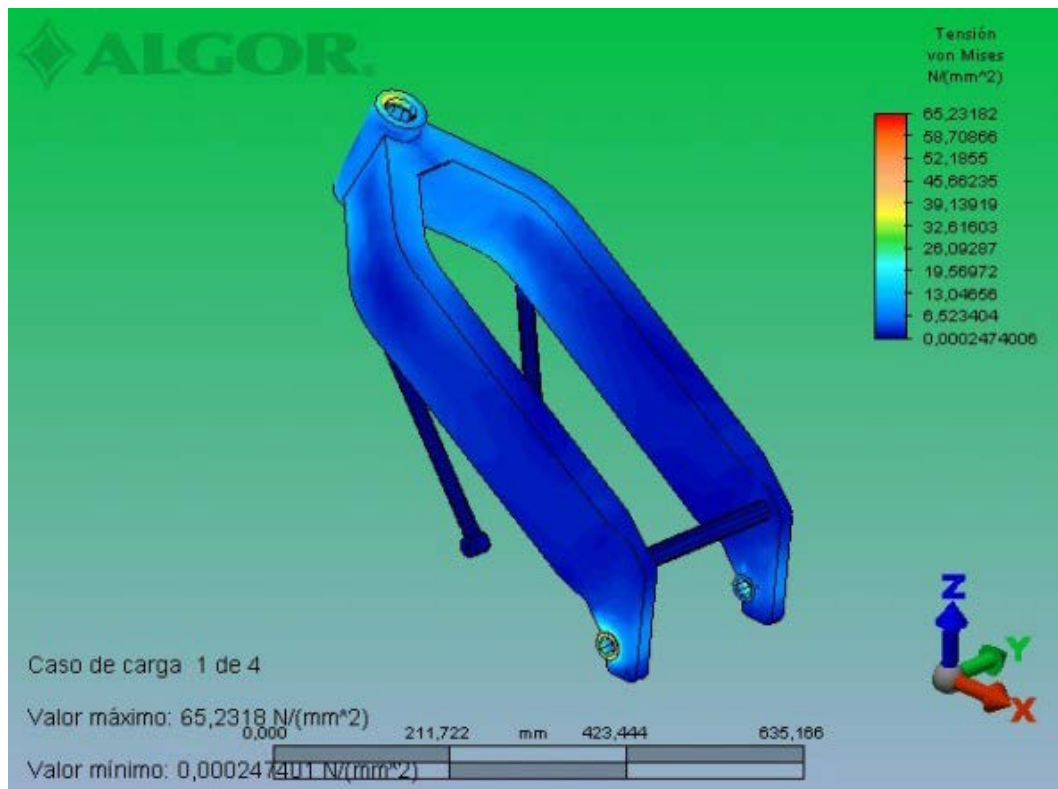


Figura 8.2. Análisis durante máxima frenada con rueda delantera

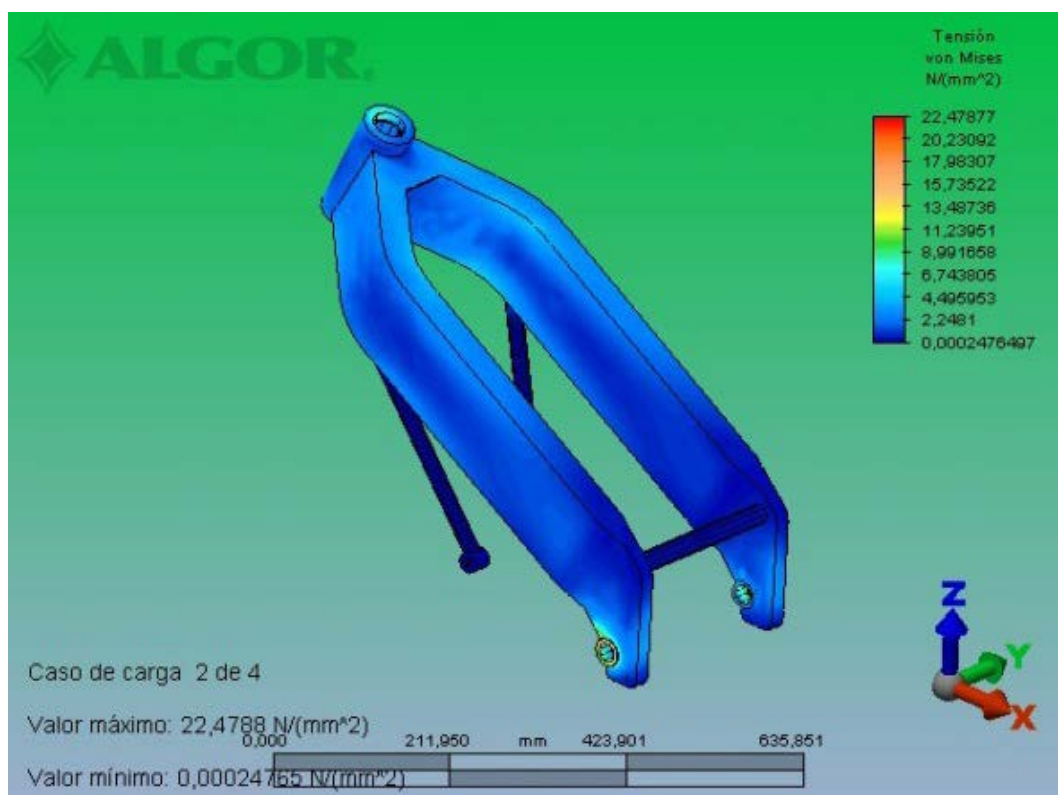


Figura 8.3. Análisis durante máxima velocidad de paso por curva

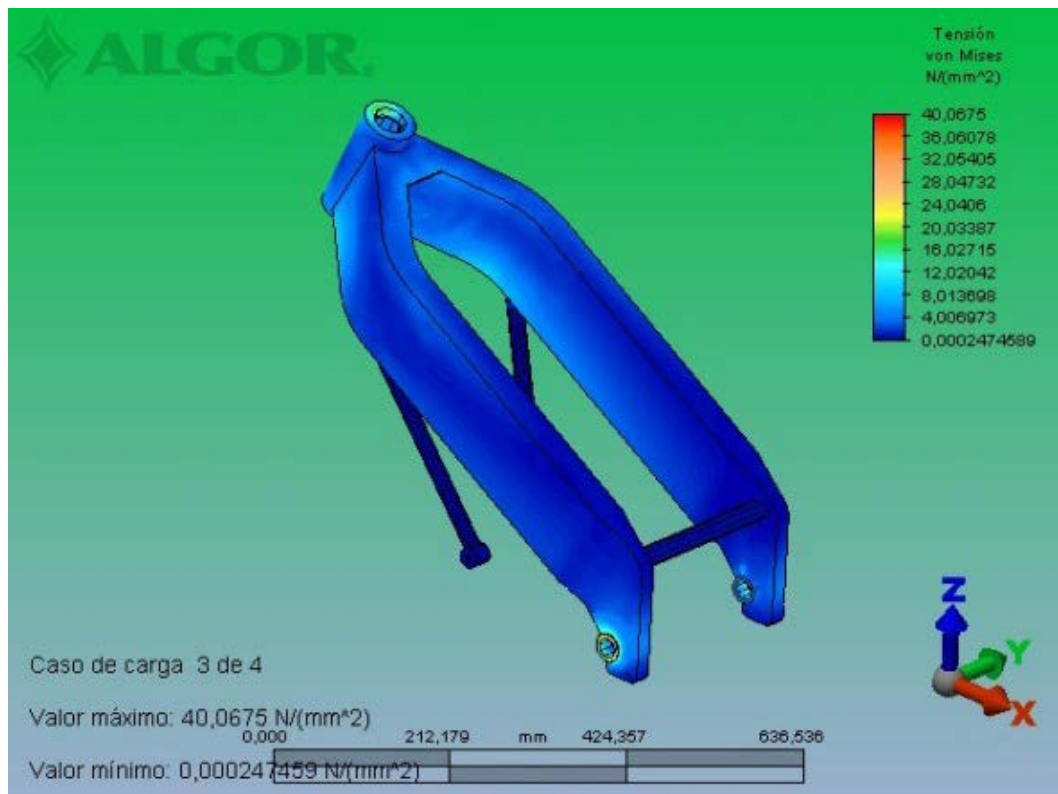


Figura 8.4. Análisis durante aplicación de carga horizontal

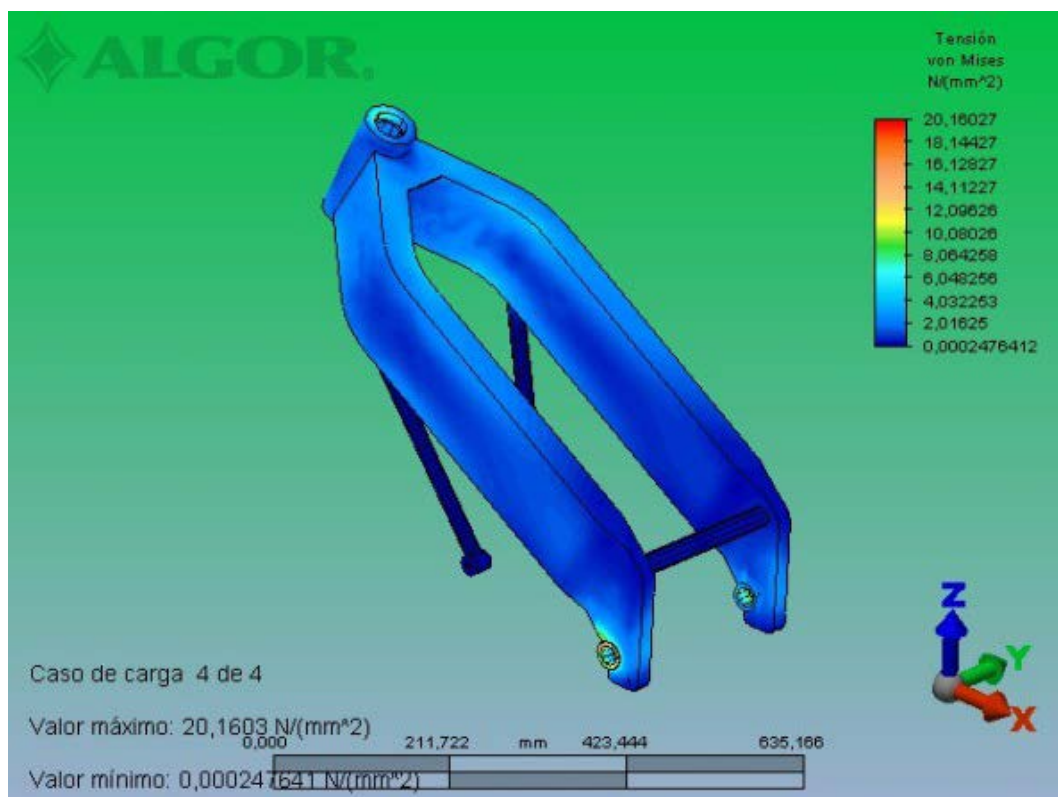


Figura 8.5. Análisis durante aplicación de carga vertical

Se puede apreciar observando la escala situada en la parte superior derecha que los valores de tensión obtenidos para cada situación no sobrepasan los valores deseados para obtener una vida infinita del chasis. Cabe recordar que el límite de fatiga se estima que ronda el 50% del límite elástico del material ($S_e = 0.5 \cdot S_y$), por lo tanto se puede sacar en conclusión que además de cumplir el objetivo deseado, se tiene un cierto margen de seguridad, el cual es aconsejable tener en cuenta por si se pudiesen pasar por alto algunos aspectos.

8.2. Diseño intermedio

Una vez se han realizado los análisis al chasis de partida se está en disposición de rediseñarlo e intentar optimizarlo. Se ha observado que el nivel de esfuerzos al que está sometido dista mucho del máximo que podría soportar. Es por ello que se considerará sobredimensionado y se procederá a la reducción de peso del mismo. Este diseño intermedio en el proceso de optimización presentará el siguiente aspecto.

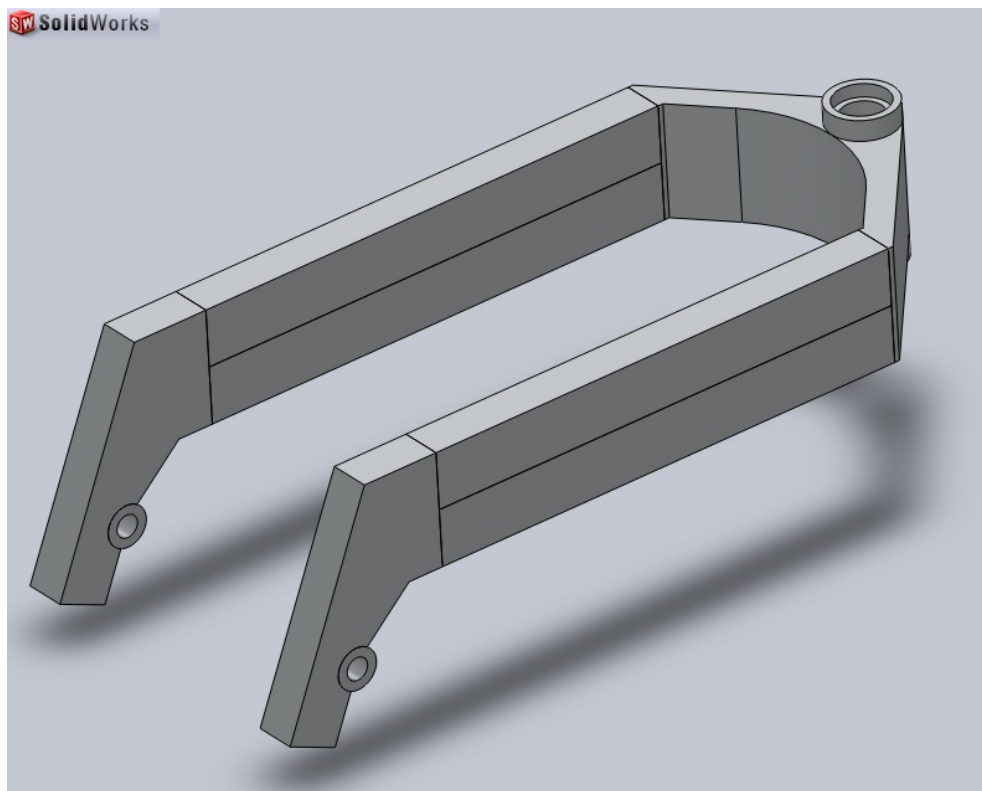


Figura 8.6a. Chasis intermedio en el proceso de optimización

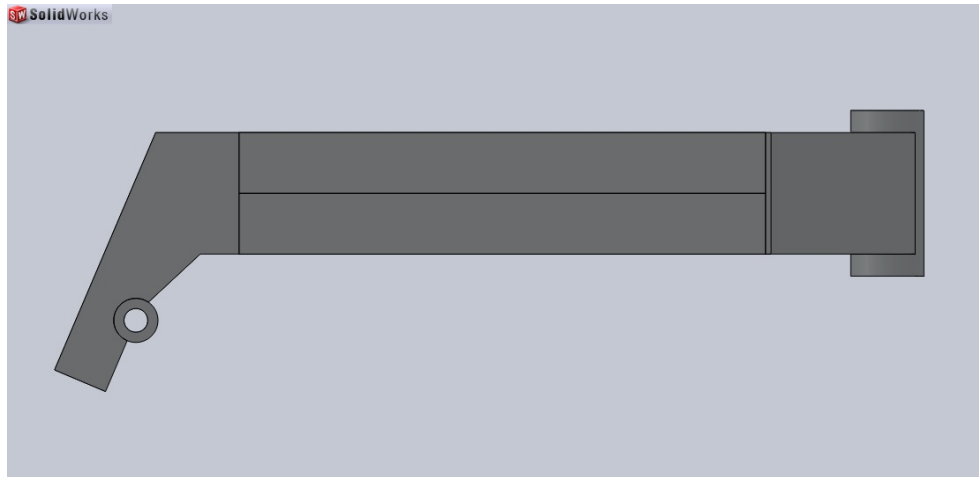


Figura 8.6b. Chasis intermedio en el proceso de optimización

Este primer diseño consta de una pipa de dirección y pletinas diseñadas a partir de aluminio macizo. Por otro lado, las vigas son de perfiles huecos cortados en U.

El hecho de que la pipa de dirección y las pletinas se hayan diseñado para su realización en aluminio macizo se debe a que serán las zonas donde mayores tensiones se van a producir, por lo que fabricándolas de este modo se asegura una gran resistencia en dichas zonas.

Como se puede observar, se han disminuido las dimensiones del chasis con respecto al de partida, buscando siempre el objetivo de disminuir todo lo que sea posible el peso final, aumentando por tanto la eficiencia del diseño.

A continuación se muestran los análisis realizados a dicho diseño, comprobando si será válido, si es ineficiente o si por el contrario se puede optimizar aun más.

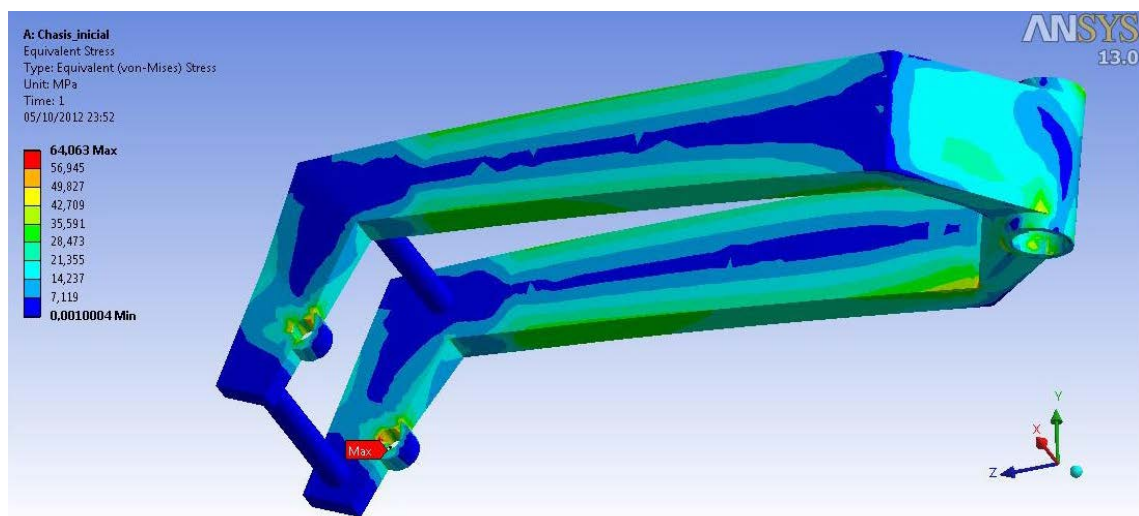


Figura 8.7a. Análisis de chasis intermedio en el proceso de optimización

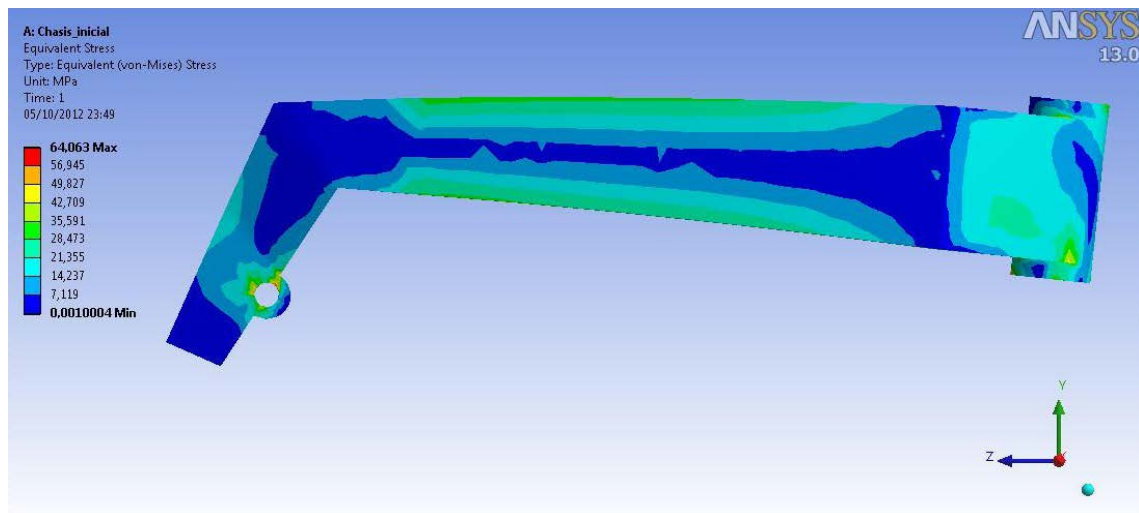


Figura 8.7b. Análisis de chasis intermedio en el proceso de optimización

En este caso el análisis realizado corresponde, tan solo, a la situación de máxima frenada con rueda delantera. Esto es debido a que durante los primeros análisis realizados se comprobó que los valores de tensión obtenidos para esta situación eran lo suficientemente superiores a los obtenidos en el resto de situaciones como para despreciar estas últimas y centrarnos en la primera. Nótese que en los análisis realizados sobre el chasis preliminar el valor máximo para máxima frenada con rueda delantera era de 66 MPa, mientras que para el resto rondaba los 20-40 MPa.

En este diseño se observa de nuevo que, a pesar de haber reducido considerablemente el peso y las dimensiones, los valores de tensión siguen estando bastante alejados del límite elástico y límite de fatiga del material, estando alrededor de los 66 MPa. Esto significa que el diseño sigue estando sobredimensionado y es aun susceptible de numerosas optimizaciones. Es por ello que se dará paso a nuevas mejoras en el diseño.

8.3. Diseño final

Tras comprobar que el estado de tensiones al que está sometido el diseño intermedio dista mucho del estado de tensiones máximo que puede soportar el chasis se realizará un exhaustivo proceso de optimización. El objetivo será siempre el de reducir el mayor peso posible manteniendo la resistencia, con el fin de alcanzar la máxima eficiencia.

Una vez mejorados y optimizados todos los aspectos y componentes, se podrá observar finalmente el diseño definitivo del chasis, quedando de la siguiente forma.

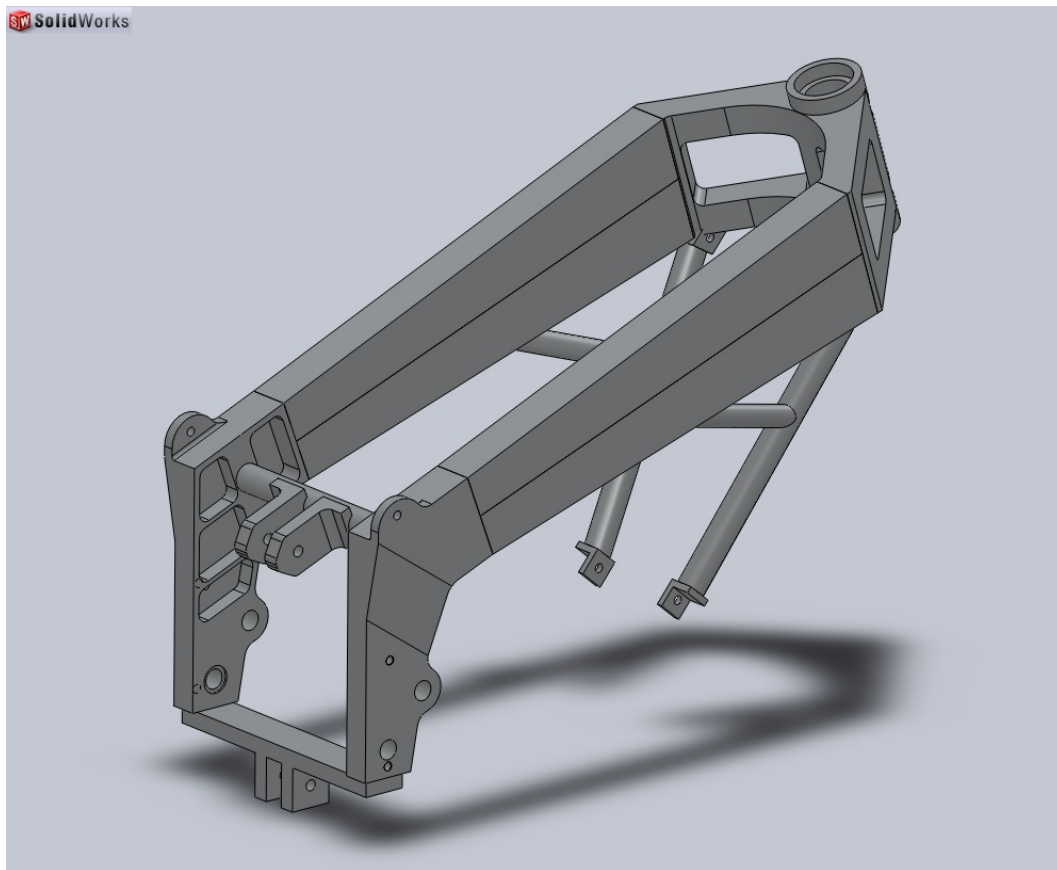


Figura 8.8. Chasis final. Vista isométrica

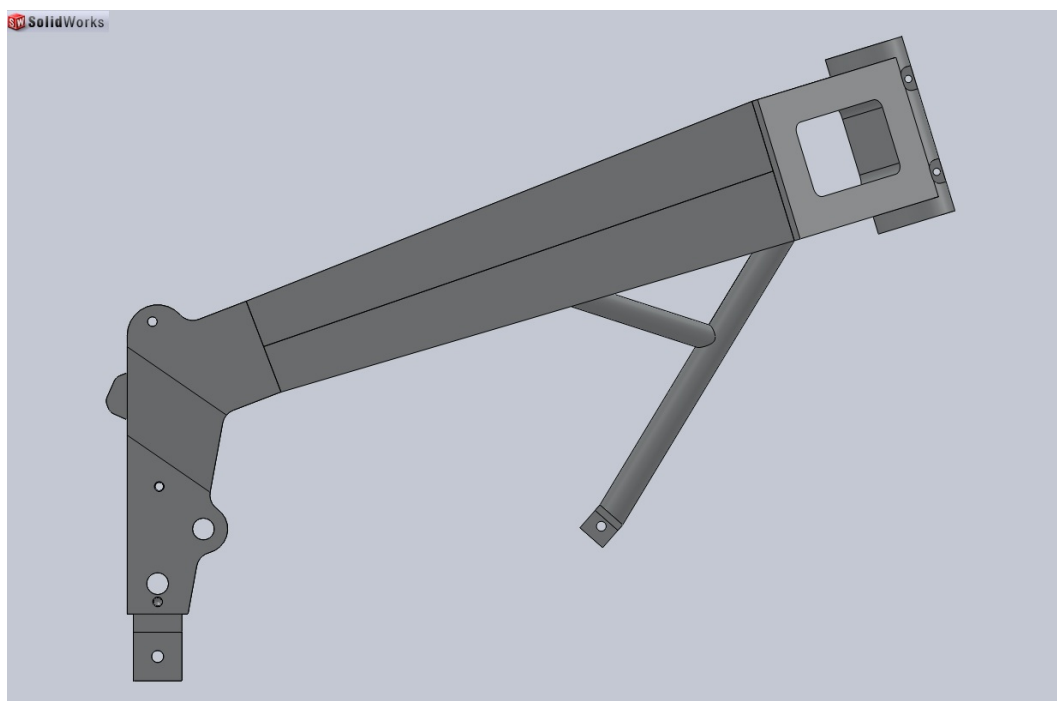


Figura 8.9. Chasis final. Vista lateral

Es fácilmente observable que este diseño final es mucho más estético y similar al de un chasis de competición que el diseño intermedio. Por otro lado, el peso se ha reducido en más de un kilogramo, pasando de los 9.1 kg a los 7.9 kg, siendo este peso aún menor si nos ceñimos al chasis en sí, despreciando los anclajes para el sistema de bieletas.

Este diseño se sitúa en el límite de la optimización, siendo de un escaso peso y ofreciendo la resistencia suficiente, cosa que se comprobará a continuación con los análisis por elementos finitos.

Para la realización de estos análisis, así como para todos los demás hechos durante el proyecto, es necesaria en primer lugar la realización de un mallado, mediante el programa "Ansys", del chasis a analizar.

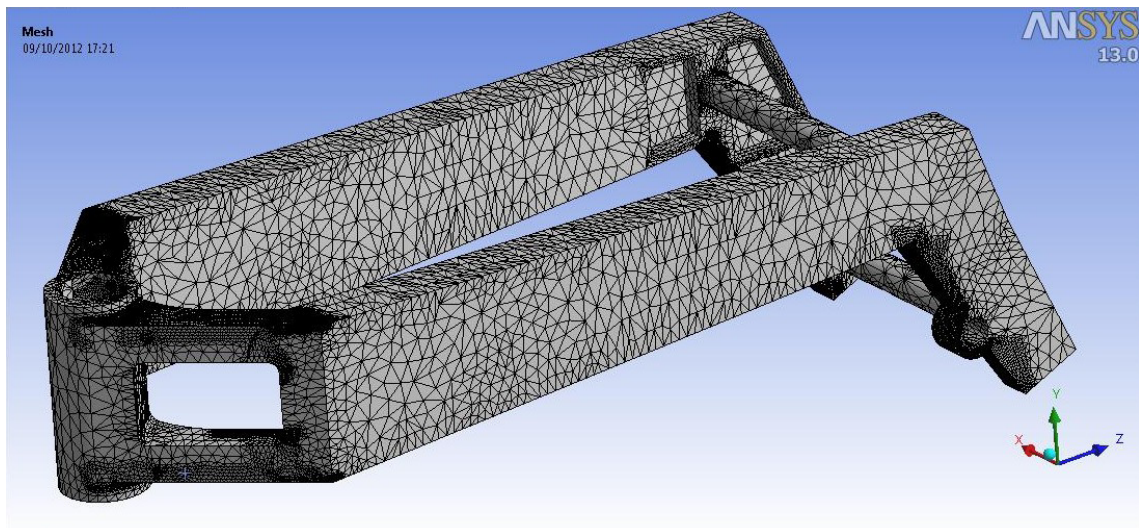


Figura 8.10. Mallado chasis final

Una vez realizado el mallado se está en disposición de comenzar los análisis. En este caso, las situaciones a analizar serán la de máxima frenada con rueda delantera y la de máxima velocidad de paso por curva, siendo éstas las que mayores solicitaciones a flexión y torsión, respectivamente, generan en el chasis.

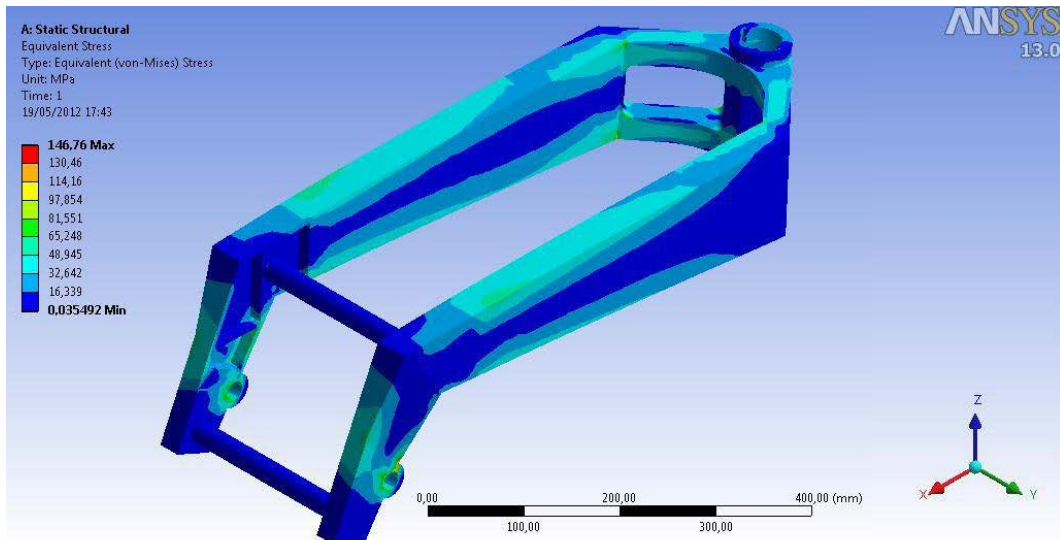


Figura 8.11a. Flexión generada durante la máxima frenada con rueda delantera

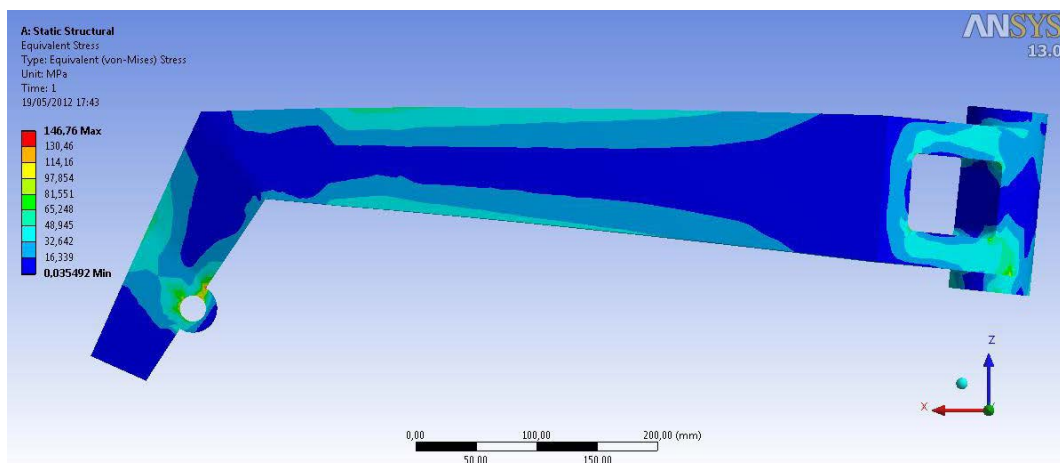


Figura 8.11b. Flexión generada durante la máxima frenada con rueda delantera

Los esfuerzos generados durante la máxima frenada con la rueda delantera alcanzan un valor máximo de 146.76 MPa, por lo se encontrará por debajo del límite elástico y límite de fatiga del material, con un coeficiente de seguridad estimado de **1.7**, si se tiene en cuenta el valor de límite elástico teórico (250 MPa), y de **2**, si se tiene en cuenta el valor de límite elástico obtenido en el ensayo de tracción (284 MPa).

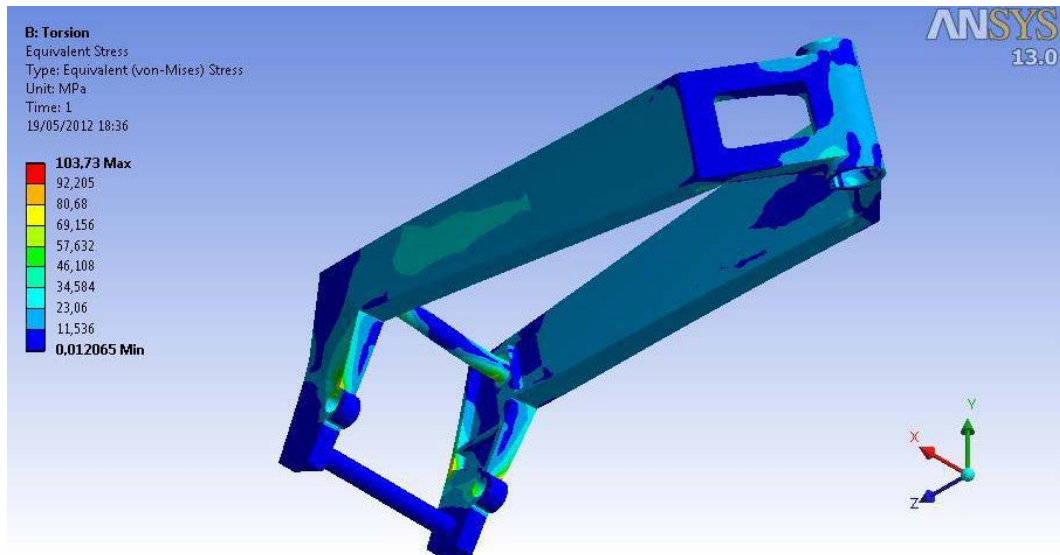


Figura 8.12a. Torsión generada durante la máxima velocidad de paso por curva

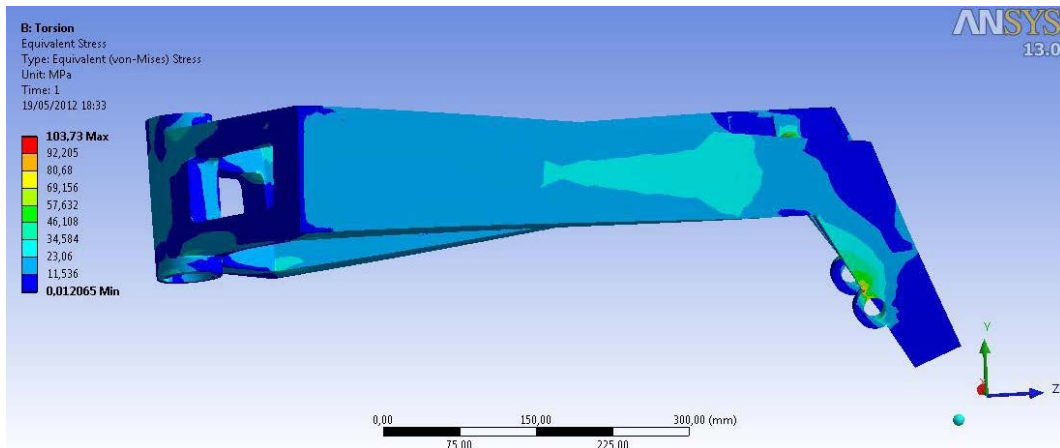


Figura 8.12b. Torsión generada durante la máxima velocidad de paso por curva

A pesar de la deformación tan exagerada que se muestra en las imágenes, ésta no es tal, sino que es la forma que tiene el programa de mostrar las microdeformaciones que se producirán en el chasis debido a los esfuerzos.

Por el contrario, se puede observar en la escala de tensiones situada a la izquierda que la máxima torsión que se producirá durante el paso por curva será de 103.73 MPa, por lo que se volverá a estar por debajo del límite elástico y de fatiga del material.

Tras comprobar que en ambas situaciones el chasis soportará más que sobradamente los esfuerzos, y que a su vez se ha conseguido una relación rigidez/peso excelente, se decide dar por concluido el proceso de optimización, argumentando que se ha alcanzado el que posiblemente sea el diseño más eficiente.

A continuación se procederá a la descripción detallada de cada uno de los componentes por separado. Se explicarán las mejoras llevadas a cabo en cada uno de ellos y se adjuntarán imágenes con el fin de poder ver más detalladamente el diseño de cada parte.

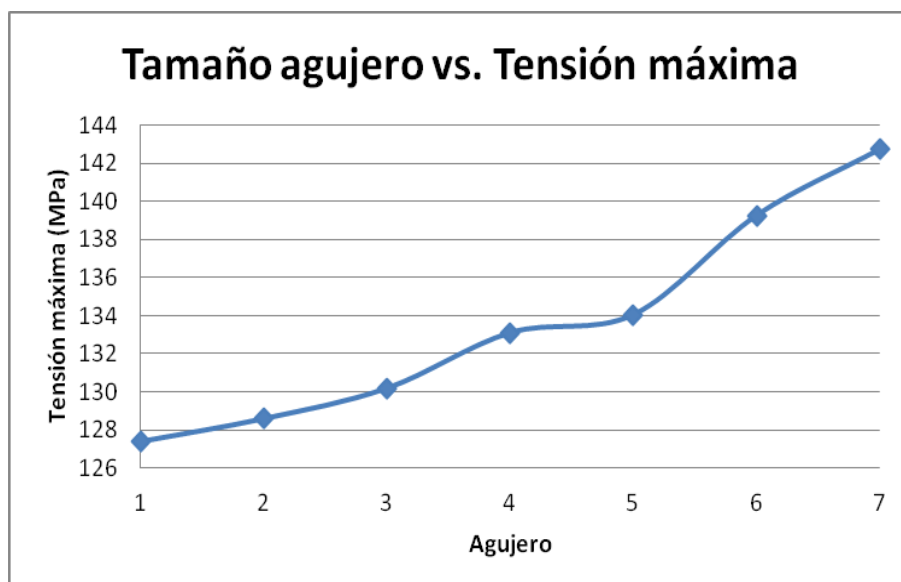
8.3.1. Pipa de dirección

Se demostró que en el diseño intermedio la pipa estaba totalmente sobredimensionada, por lo que se decidió que se podía aligerar el peso en esta zona.

Al tratarse de un bloque macizo de aluminio 6082-T6, se creyó que no existiría ningún problema de resistencia si se vaciaban unos agujeros a ambos lados de la pipa. Es por ello que se comenzó un estudio con el fin de comprobar esto y, si finalmente no existían problemas de resistencia, poder decidir qué dimensiones eran las más óptimas para dichos agujeros.

El primer aspecto que se decidió fue el de asignar un radio de 8 mm en las esquinas para facilitar el proceso de fabricación, ya que un radio inferior podría suponer un problema a la hora de encontrar una herramienta para esas condiciones.

Una vez decidido esto, se realizó una lista con posibles dimensiones, las cuales se fueron estudiando una a una con el programa "Ansys", observando cómo se comportaba la pipa y qué tensiones se generaban. Los datos obtenidos se reflejan en la siguiente gráfica con su respectiva tabla.



Tamaño agujero (mm)		Max(MPa)
1	52,23x44	127,4
2	62,23x44	128,6
3	72,23x44	130,2
4	82,23x44	133,11
5	88,53x48	134,06
6	96,53x48	139,27
7	102,23x54	142,73

Figura 8.13. Tabla comparativa "Dimensiones agujero vs Tensión"

Las dimensiones escogidas serán las del agujero número 5, es decir, unas dimensiones de **88.53 x 48 mm**, siendo la tensión máxima generada de 134.06 MPa. Se han escogido estas dimensiones observando que el salto en el valor de tensiones entre el agujero 5 y el agujero 6 es el más pronunciado de toda la tabla. Además, con el agujero número 5 se consigue una destacable reducción del peso, a la vez que se mantiene un coeficiente de seguridad de 2.

Es importante dicho coeficiente ya que durante el proceso de mecanizado para crear los agujeros, la zona mecanizada sufrirá un gran aumento de temperatura, lo cual podría provocar un pequeño empeoramiento de las propiedades del material. Manteniendo un coeficiente de seguridad alto se asegura que aunque ese empeoramiento ocurriera, la pipa no fallaría, sino que seguiría ofreciendo las mismas prestaciones.

El aspecto final que tendrá la pipa de dirección con los agujeros de dichas dimensiones será el siguiente.

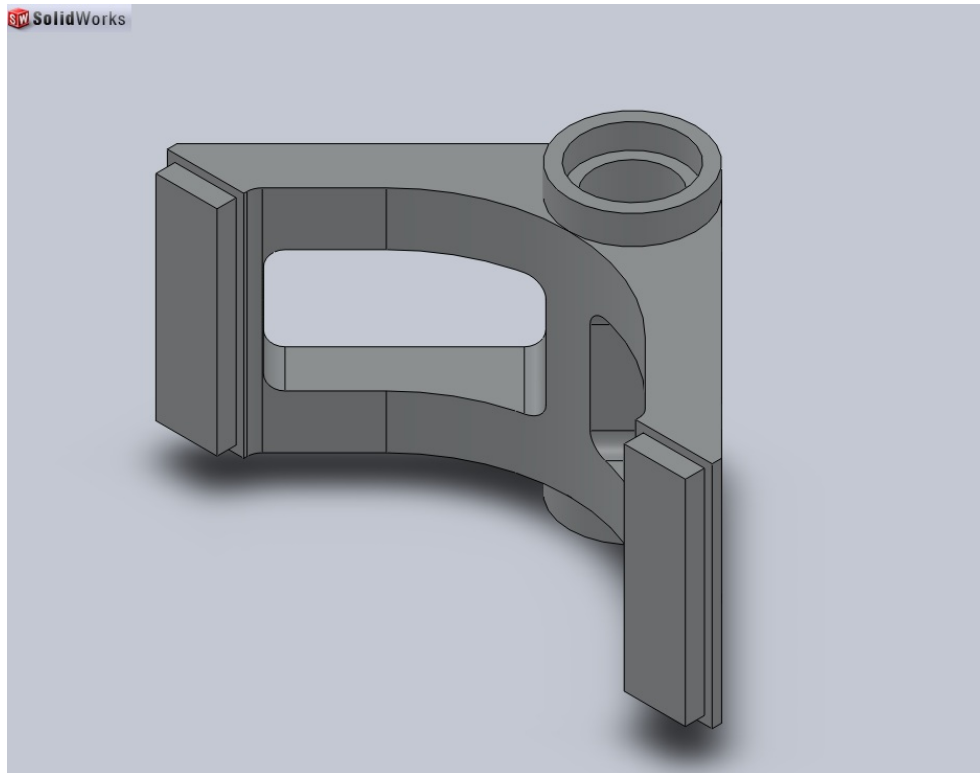


Figura 8.14a. Pipa de dirección. Vista isométrica

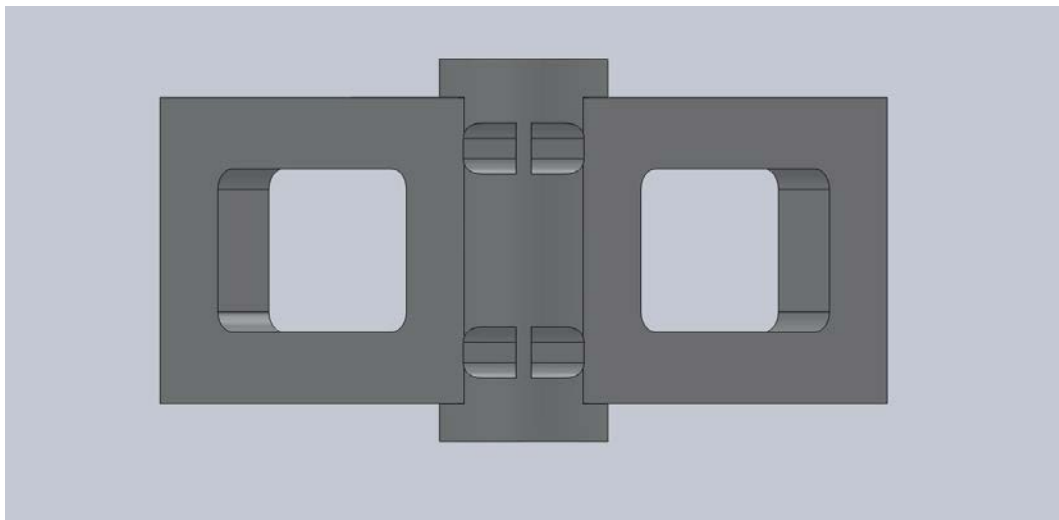


Figura 8.14b. Pipa de dirección. Vista frontal

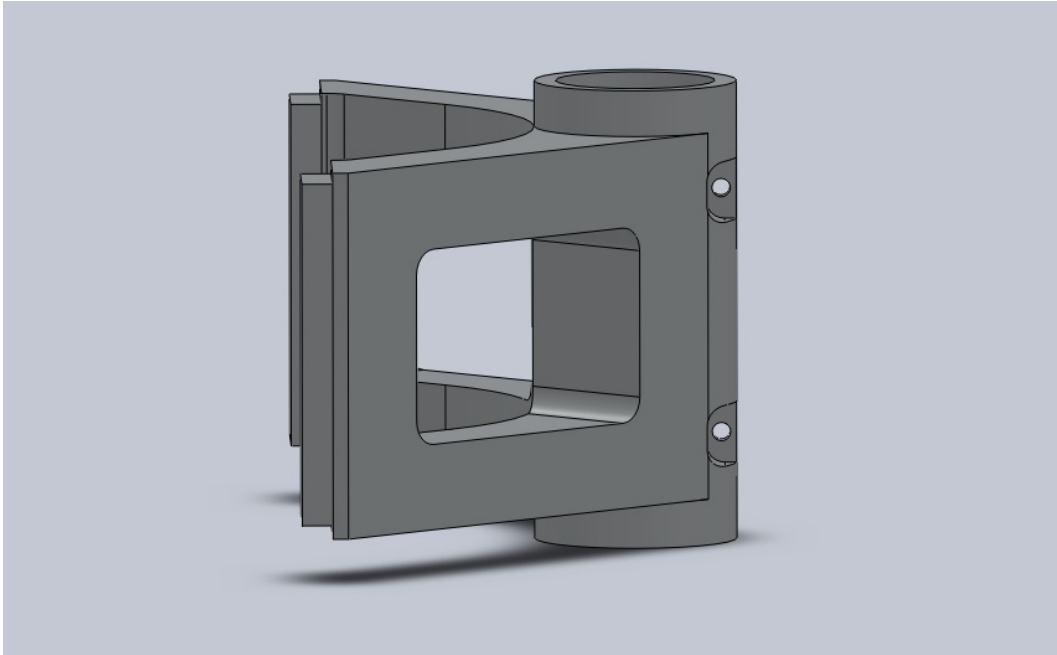


Figura 8.14c. Pipa de dirección. Vista lateral

En la vista lateral se puede observar los agujeros que se realizaron en la parte frontal de la pipa, los cuales servirán de anclaje de la araña que soportará los marcadores de la motocicleta, tales como cuentarrevoluciones y temperatura.

La totalidad de las cotas de la pipa de dirección podrán observarse en el capítulo de fabricación, en el cual se adjuntarán los planos correspondientes.

8.3.2. Vigas

En el diseño intermedio las vigas eran simplemente perfiles en U cortados a 90°, con un espesor de 5mm. Tras analizar este diseño se podía observar que en la zona de las vigas a penas se generaban esfuerzos, por lo que era innecesario tanto material.

Las modificaciones que se decidieron realizar iban centradas de nuevo a la reducción de peso, es decir, reducir la cantidad de material empleado. Para la consecución de dicho objetivo surgieron dos ideas principales.

Por un lado se decidió reducir el espesor del perfil de 5 a 4mm, es decir, se buscó entre los perfiles en U normalizados disponibles en el catálogo del proveedor y se seleccionó el correspondiente.

Mientras que por otro lado se optó por introducir una idea innovadora, la cual consistía en la reducción progresiva de la sección de la viga. Esto suponía que mientras la parte que ensamblaba con la pipa era una sección de 120mm de largo, la parte que ensamblaba con las pletinas era una sección notablemente inferior, 80mm de largo.

Esta innovación es fácilmente observable en el diseño final del chasis, quedando de la siguiente forma.

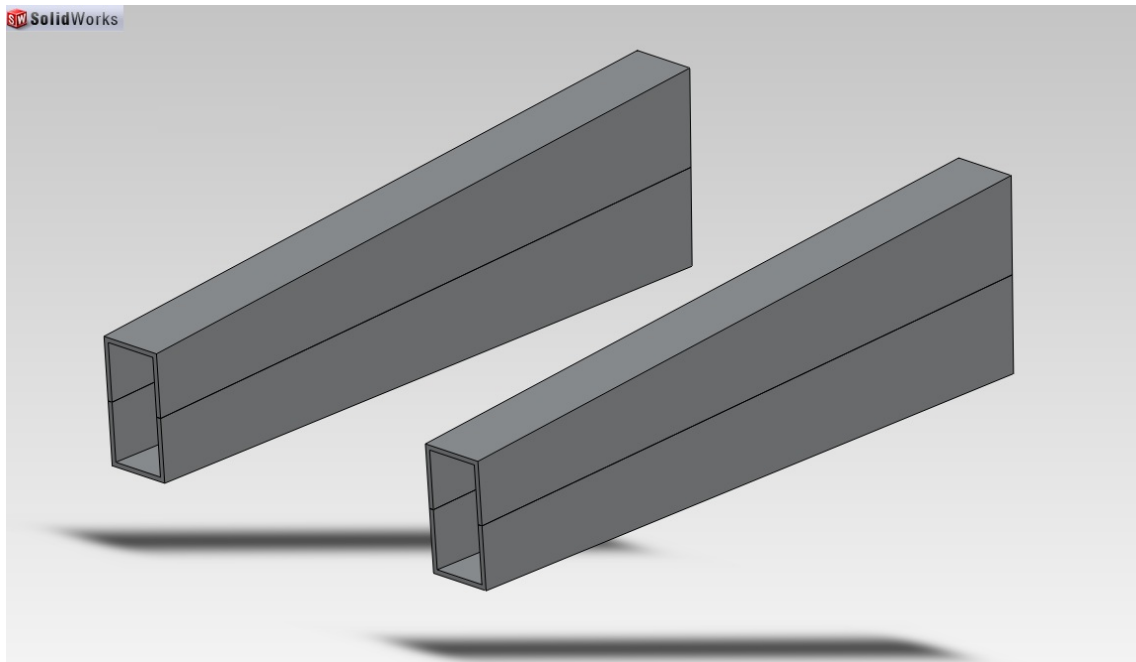


Figura 8.15a. Vigas. Vista isométrica

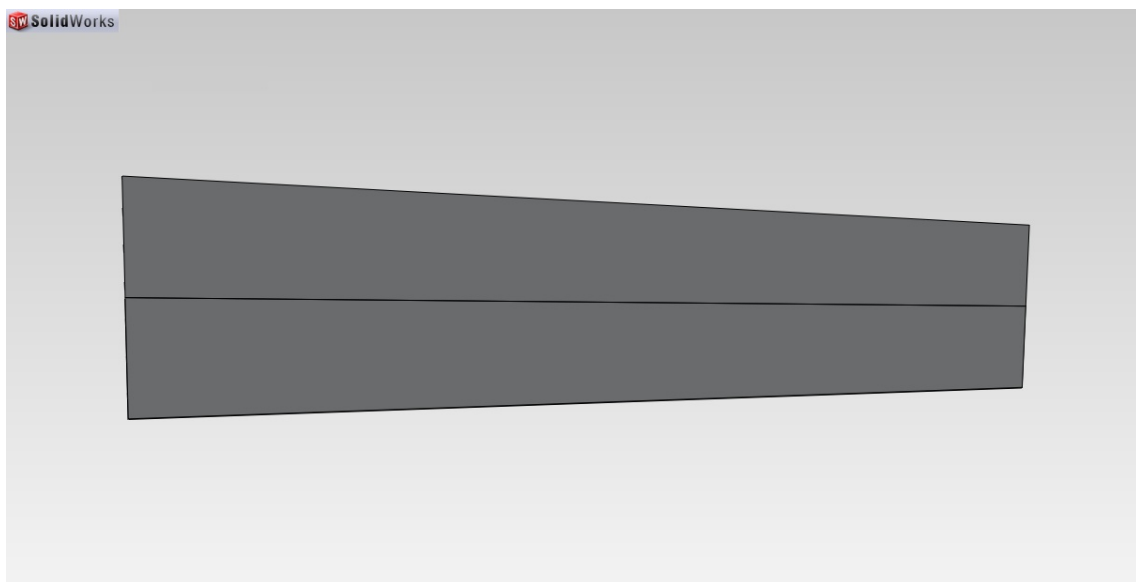


Figura 8.15b. Vigas. Vista lateral

Los perfiles de los cuales se partieron para el diseño de las vigas debieron ser cortados de forma que, al ensamblarlos mediante soldadura, quedaran dispuestos acorde al diseño final. Para ello se realizó el corte según las siguientes medidas, haciéndose en el otro perfil de forma simétrica.

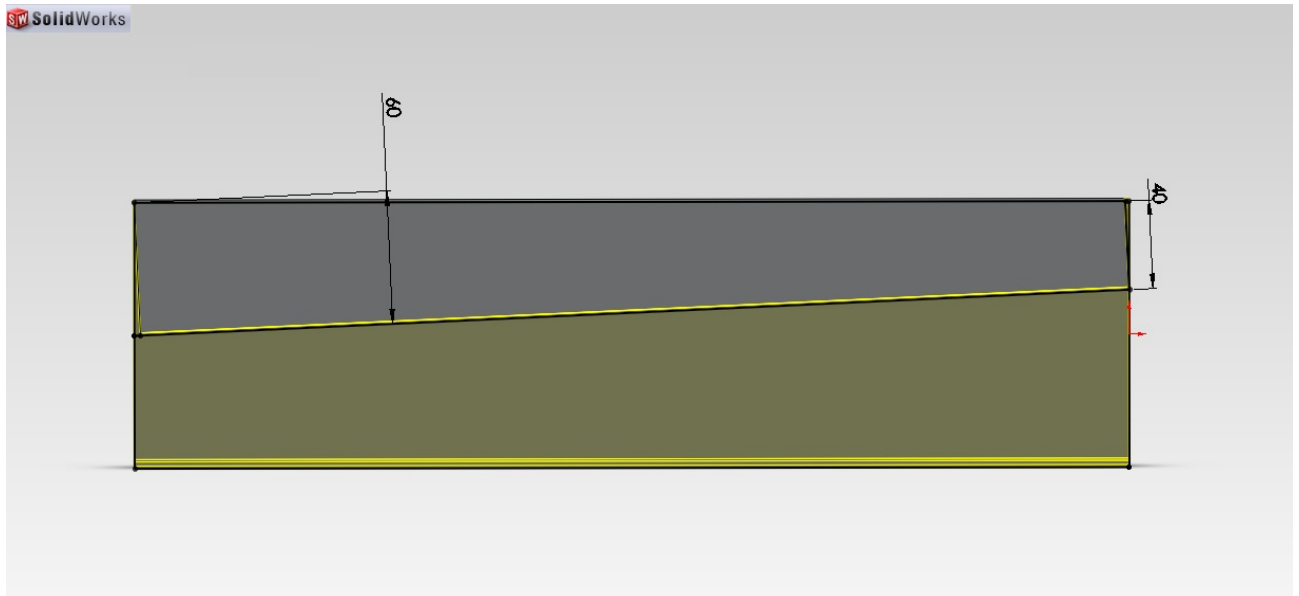


Figura 8.16. Corte de los perfiles de las vigas

El resto de cotas serán especificadas en el capítulo de fabricación a través de imágenes y planos.

8.3.3. Pletinas

Nuevamente se parte del diseño intermedio con el objetivo de optimizar y alcanzar el punto más eficiente en el diseño de las pletinas. En los análisis de dicho diseño intermedio se muestra cómo los valores de tensión a los que están sometidas las pletinas se encuentran muy alejados del valor máximo admisible.

Con el siempre objetivo claro de reducir peso se decidió realizar dos mejoras principales en las pletinas, además de añadir pequeñas modificaciones destinadas a preparar el chasis para el ensamblaje con otros componentes como el subchasis, el motor o las estriberas.

El primer punto de optimización fue la sección o anchura de las pletinas. Con el fin de que dichas pletinas ensamblaran sin problemas con las vigas se respetó la sección en esta zona. Sin embargo, de esta zona hacia abajo se fue realizando una reducción progresiva del ancho hasta la parte inferior, pasando de 40 a 25mm. Esta optimización supuso una reducción notable del peso, así como una mejora estética.

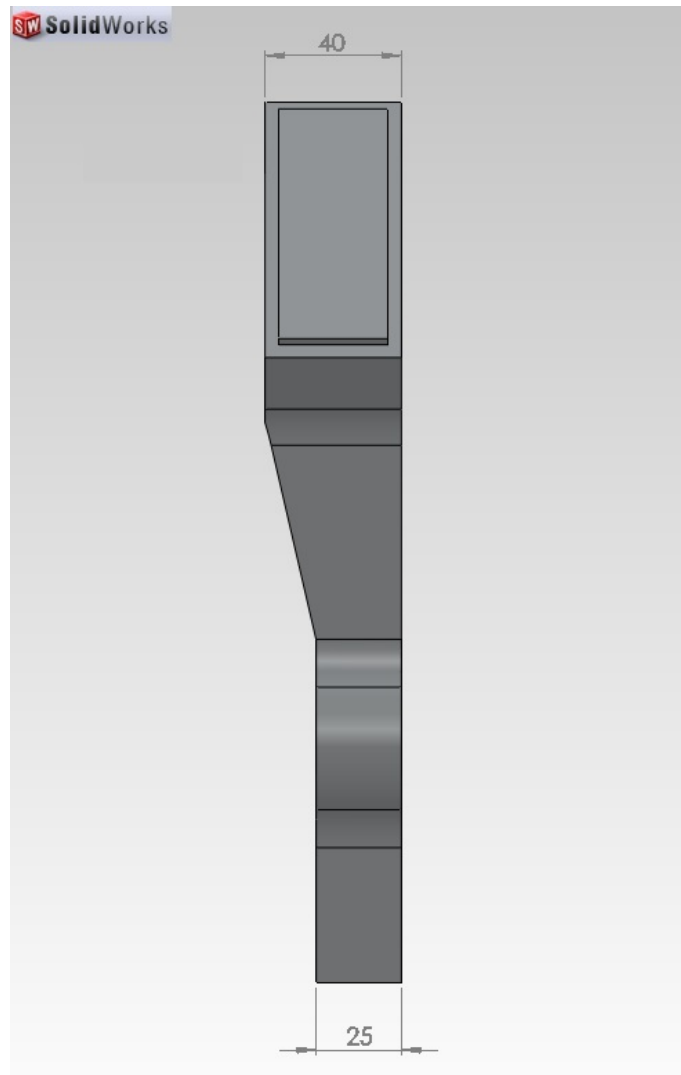


Figura 8.17a. Pletinas. Reducción de sección

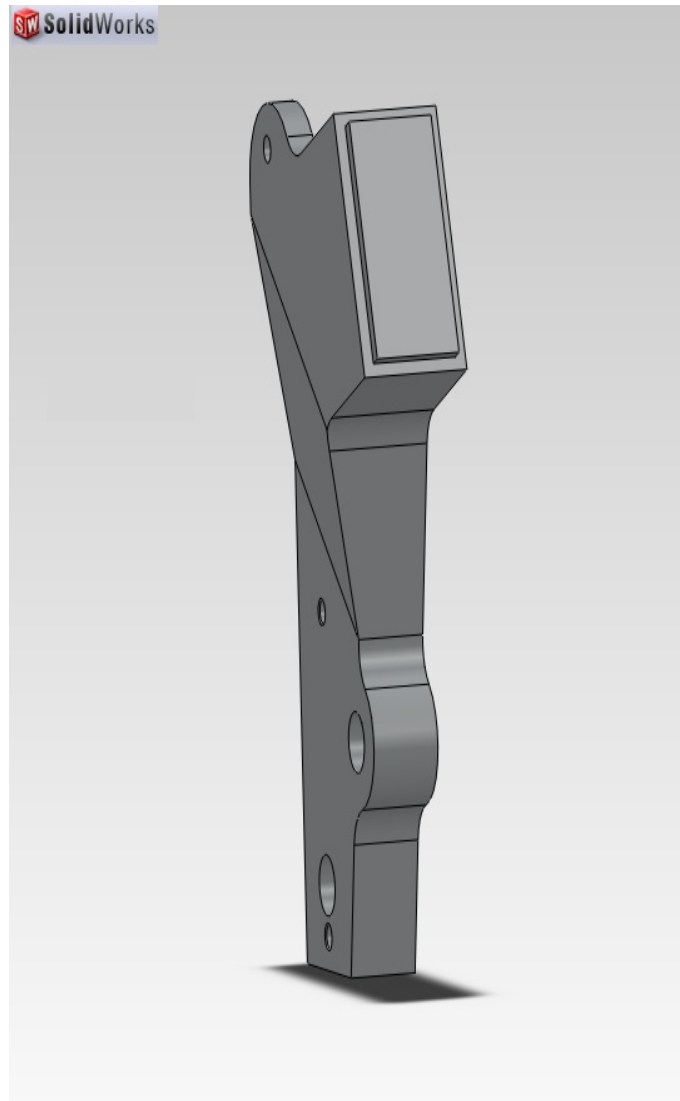


Figura 8.17b. Pletinas. Reducción de sección

La otra idea importante que se decidió aplicar al diseño de las pletinas fue el vaciado de éstas. Dicho vaciado consistía en el desbaste de material de la zona del interior. En medio de estos vaciados se dejaban sin desbastar nervios que aportaran resistencia a la estructura. Además el vaciado no se aplica a la totalidad de las pletinas, sino que la zona inferior se deja maciza, ya que será en la que irá anclado el motor. Tras estudiar las posibilidades se decidió que la mejor opción consistía en un vaciado de 22mm en la parte superior y de 15mm en el resto, reduciendo en 375g el peso de cada pletina y comprobando, posteriormente, que el comportamiento ante los esfuerzos que se generaban era más que eficiente.

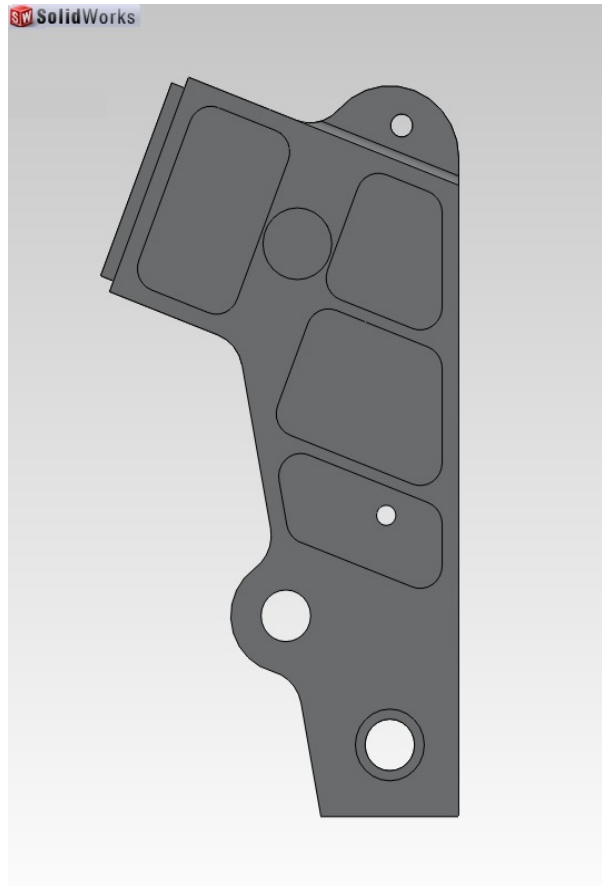


Figura 8.18a. Pletinas. Vaciado

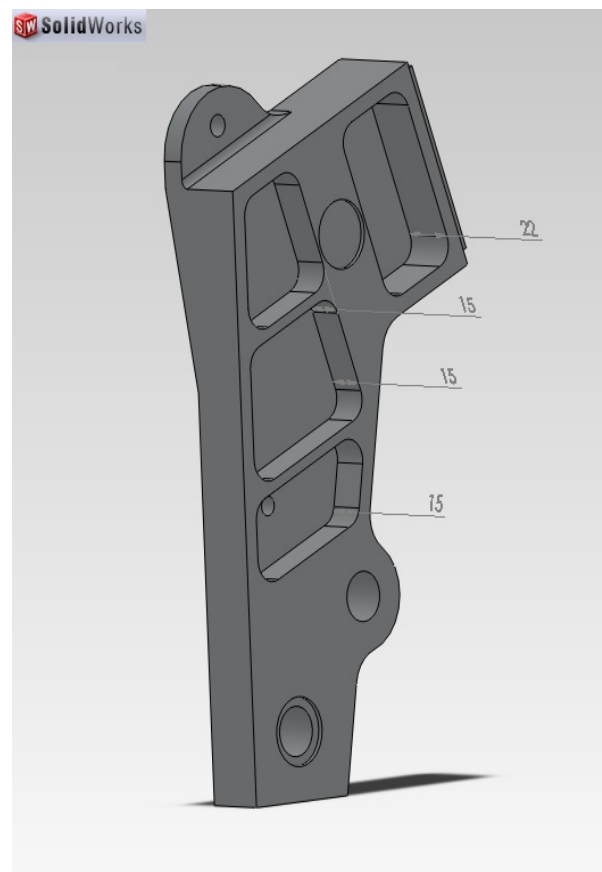


Figura 8.18b. Pletinas. Vaciado

Además de estas dos grandes mejoras se realizaron otras pequeñas modificaciones con la finalidad de preparar las pletinas para el ensamblaje con otros elementos de la moto. Un ejemplo de ello es la mecanización de una pletina semicircular en la parte superior, cuyo objetivo era el de permitir el ensamblaje con el subchasis. Otra de estas modificaciones fue el realizar dos taladros en cada pletina, los cuales iban destinados a sujetar las estriberas. Por otro lado, se mecanizo un agujero con doble diámetro en la zona inferior para alojar el eje y los rodamientos del basculante. Por último, la otra gran modificación que se decidió implantar en este diseño final fue el de mecanizar directamente con las pletinas los cilindros a través de los cuales pasará el eje que sujete el motor, en lugar de mecanizarlos por separado y posteriormente soldarlos a las pletinas. De esta forma aportaban una mayor resistencia y se evitaban posibles fallos de soldadura en una de las zonas más solicitadas del chasis.

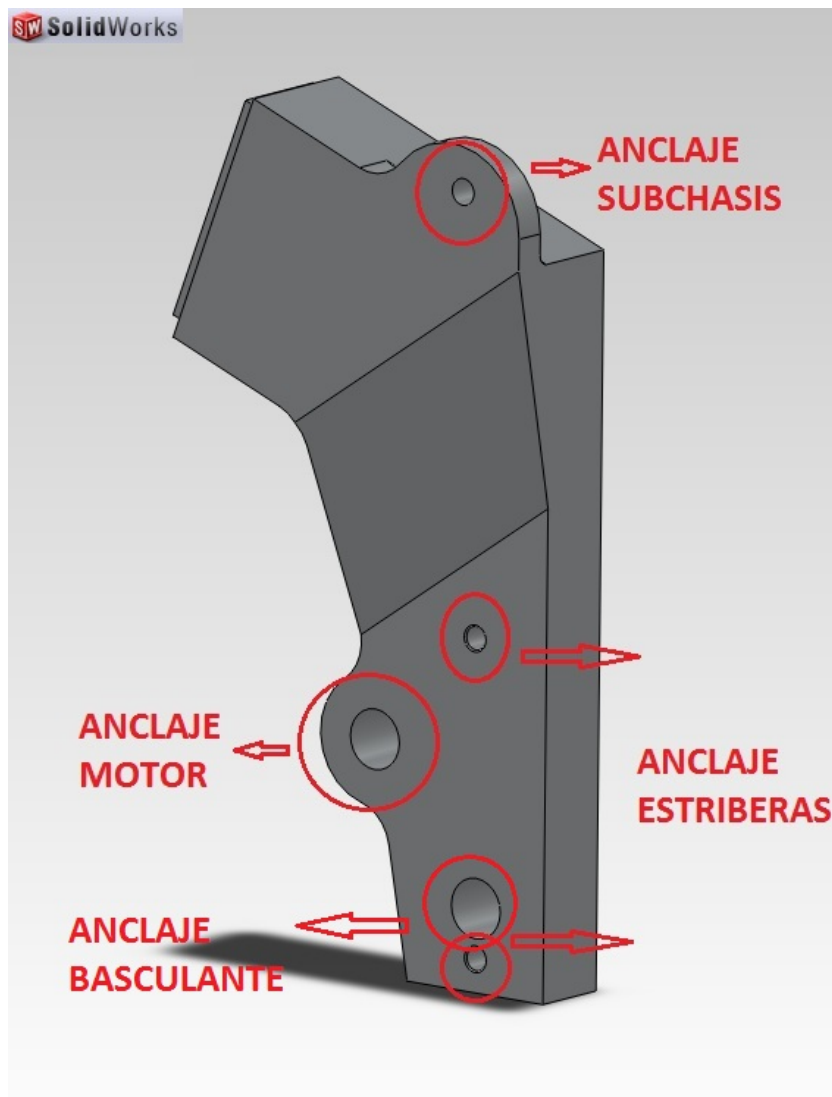


Figura 8.19. Pletinas. Otras modificaciones

8.3.4. Otros componentes

Además de los componentes principales ya mencionados (pipa de dirección, vigas y pletinas), el diseño del chasis al completo está constituido por otros elementos restantes, cuyo diseño también debe ser estudiado con precisión. Dentro de estos elementos se encuentra la sujeción delantera del motor y la sujeción para el sistema de bieletas de la suspensión trasera.

8.3.4.1. Sujeción delantera del motor

La sujeción delantera del motor fue uno de los aspectos que más quebraderos de cabeza presenta, ya que debe ser un diseño robusto, sin vibraciones y que permita cierta flexibilidad.

El primer diseño consiste en unos perfiles huecos cuadrados, al final de los cuales se suelda un redondo con un taladro, a través del cual se ancla el motor. Tras analizarlo en las situaciones de máxima exigencia se comprobó que se trataba de un diseño poco resistente. Además el hecho de soldar el redondo a los perfiles huecos supone un riesgo excesivo en una zona de máxima exigencia.

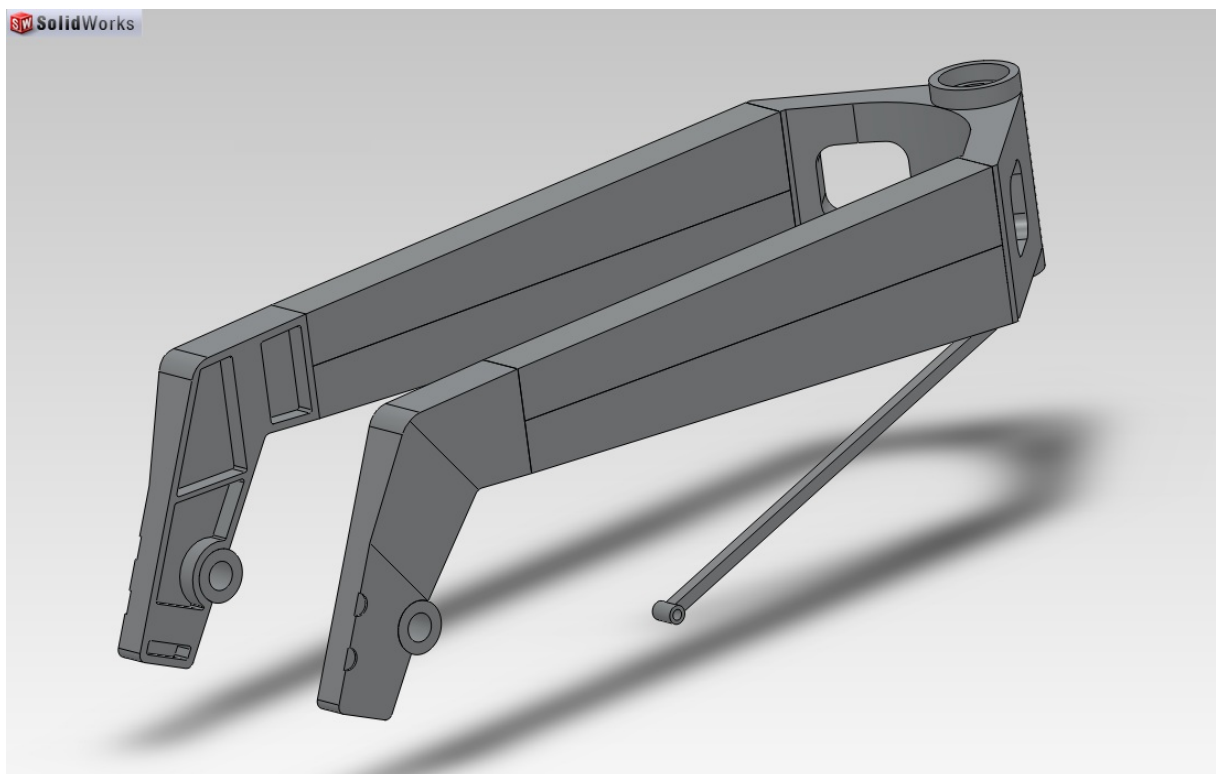


Figura 8.20. Sujeción delantera I

Tras comprobar que este diseño no ofrece la resistencia requerida se decide rigidizarlo añadiendo otros perfiles que se unen a los primeros en forma de triángulo. Esta estructura triangular ofrece unas prestaciones notablemente superiores a las del primer diseño en cuanto a resistencia. Sin embargo, al analizarlo se comprobó que, a pesar de que la resistencia era correcta, se generaban unas vibraciones excesivas, por lo que se procedió a modificar de nuevo el diseño.

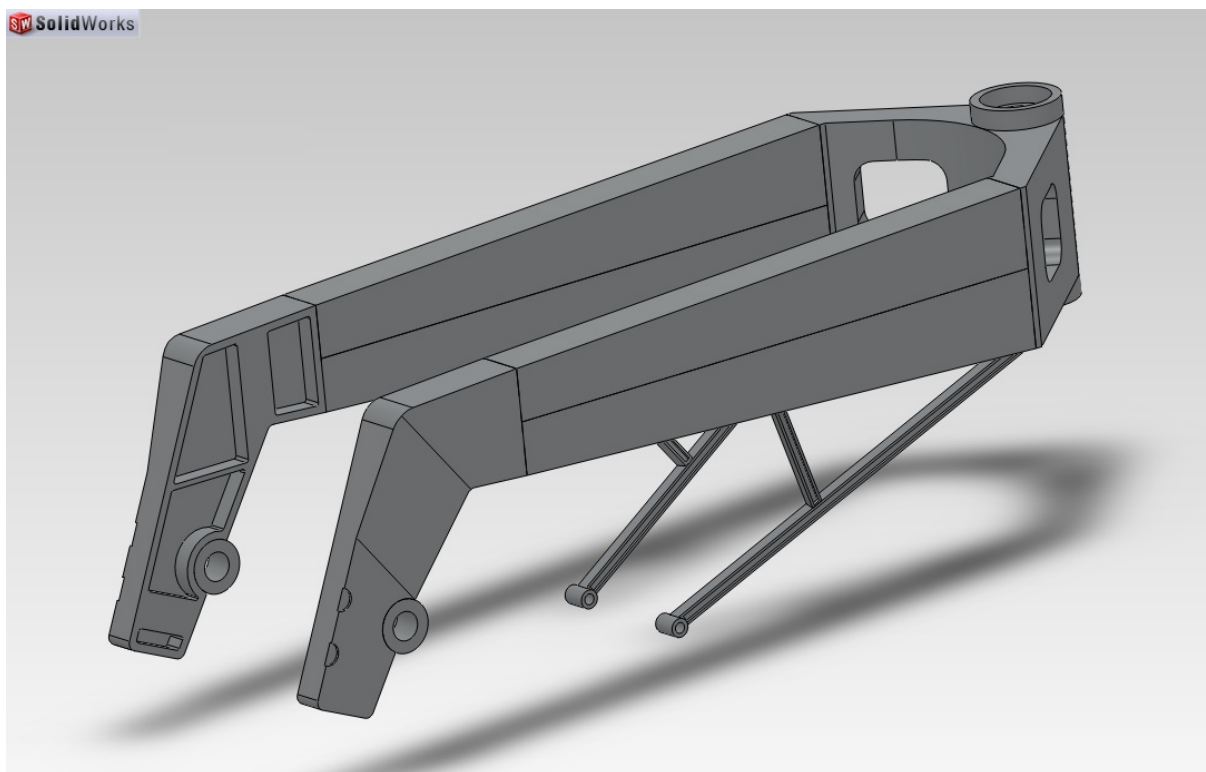


Figura 8.21. Sujeción delantera II

El objetivo de esta última modificación es el de aumentar aún más la resistencia para obtener un factor de seguridad mayor. Por otro lado se pretende eliminar las vibraciones que se generan. La opción que se escogió fue la de sustituir los perfiles huecos cuadrados por tubos huecos de 25mm de diámetro. La elección de este diámetro está enfocada al aprovechamiento de los tubos disponibles en stock con los que posteriormente se fabricarían otros elementos de la moto como la sujeción del sistema de bieletas.

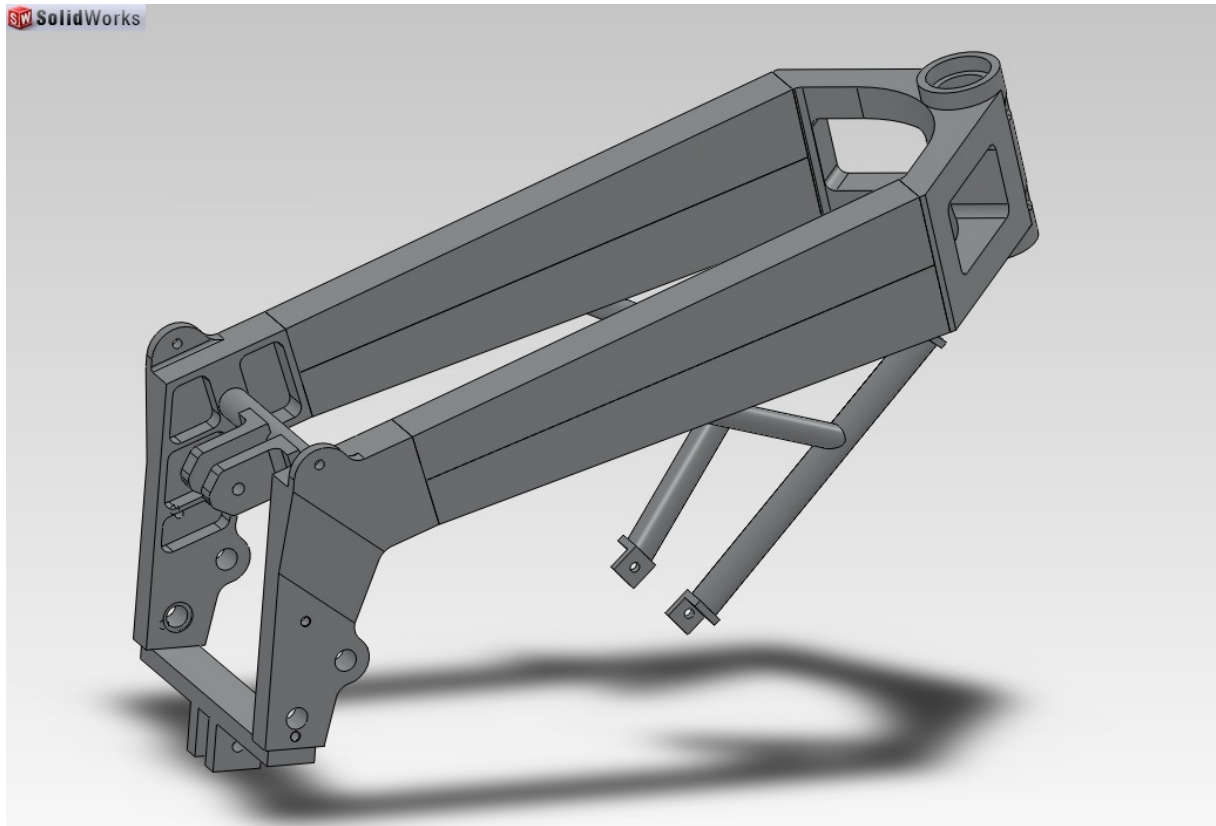


Figura 8.22. Sujeción delantera III (Definitiva)

Al eliminarse las uniones soldadas y sustituirlas por uniones atornilladas, así como la utilización de gomas y silentblock, se produce en este diseño una notable reducción de las vibraciones, estando ahora dentro de unos niveles aceptables. Es por ello que tras analizar el modelo se concluye que los rangos de tensiones y vibraciones que se generan son eficientes, lo que supone que este diseño será el definitivo.

8.3.4.2. Sujeción para la suspensión trasera

Entre la parte trasera del chasis, más concretamente entre las pletinas, debía ir alojado el muelle de la suspensión trasera. Este muelle es accionado a través de un sistema de bieletas, el cual debe ir sujeto al chasis. Es por ello que se estudió la forma más eficiente de hacer dicha sujeción.

Como se ha mencionado anteriormente, entre las partes superiores de ambas pletinas se decidió colocar un tubo hueco de 25mm de diámetro, el cual aportaría la rigidez necesaria. A dicho tubo se soldarían unas pletinas, las cuales sujetarían por arriba el muelle.

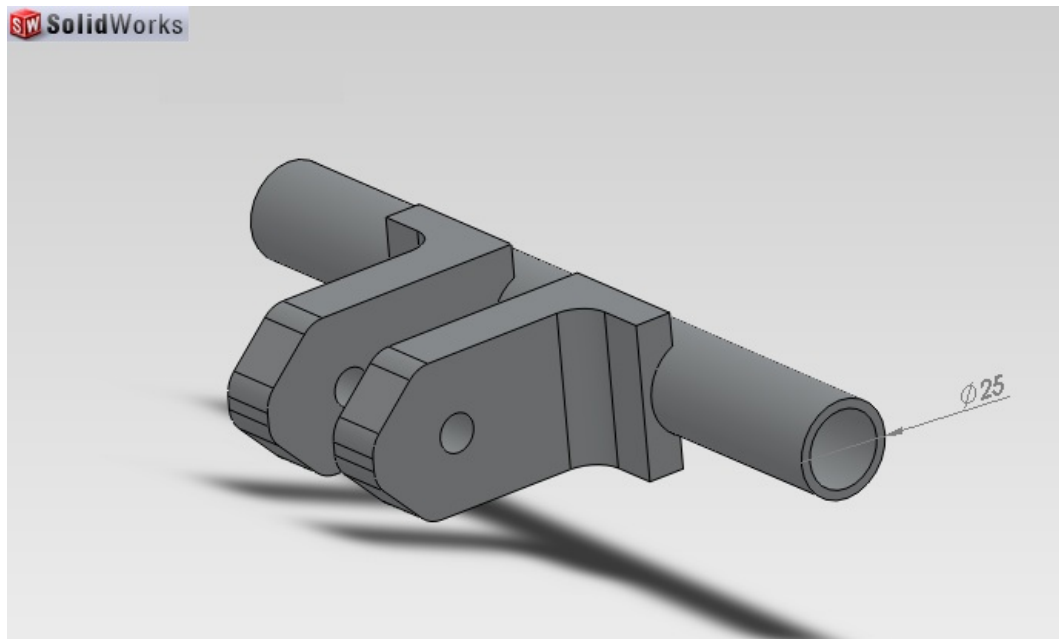


Figura 8.23. Tubo y pletinas para sujeción de suspensión trasera

Sin embargo, en la zona inferior de las pletinas no resultaba eficiente colocar otro tubo, ya que interferiría con el eje de sujeción del motor y el eje de sujeción del basculante. Es por ello que se decidió soldar un perfil macizo rectangular de 15mm de espesor y 40mm de anchura, que uniera las dos pletinas. En la parte inferior de este perfil se mecanizaron dos pletinas que serían las encargadas de sujetar el sistema de bieletas.

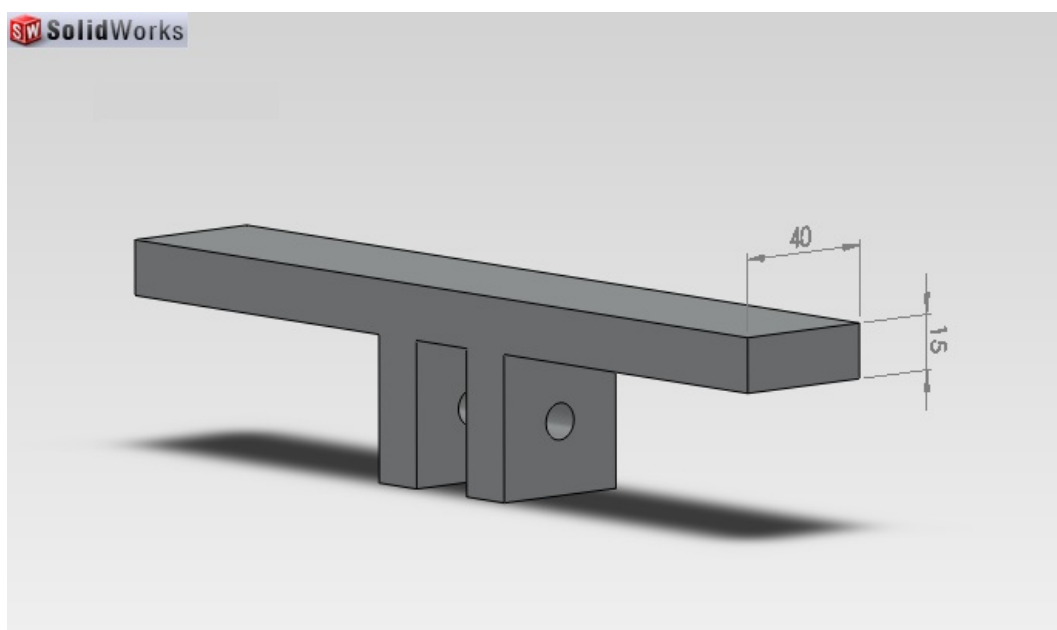


Figura 8.24. Perfil rectangular y pletinas para sujeción de suspensión trasera

El tubo hueco iría encajado entre las pletinas, gracias al pequeño agujero mecanizado en éstas, y posteriormente soldado. Mientras que el perfil rectangular iría soldado por la parte inferior de dichas pletinas. El aspecto final del ensamblaje de pletinas, tubo, perfil, sistema de bieletas y muelle sería el siguiente.

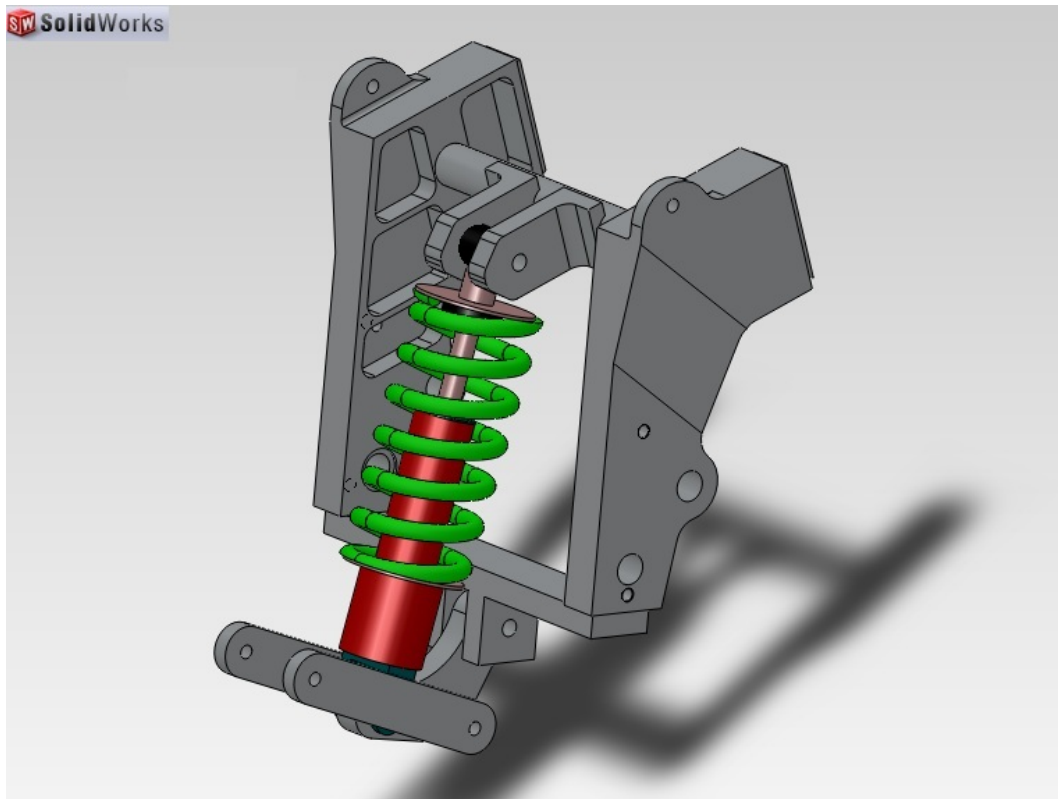


Figura 8.25. Ensamblaje final

9. PROCESO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

Tras optimizar cada uno de los componentes del chasis, a través de multitud de análisis, se ha conseguido llegar al diseño final de éste. Esto querrá decir que se ha dado por finalizada la fase de diseño. Es por ello que se está en disposición de llevar a cabo la fase de fabricación de los componentes y el ensamblaje de éstos mediante soldadura.

Todo este proceso dará lugar a la transformación del diseño que se ha obtenido mediante programas 3D en un chasis real utilizable en el mundo de la competición, el cual será el elemento estructural de la motocicleta del equipo MotoUPCT.

En este capítulo se describirá detalladamente el proceso de mecanizado que ha sufrido cada componente para su fabricación, así como el método de soldadura. Mientras que por otro lado, se adjuntarán todos los planos con sus correspondientes cotas en el **Anexo 5: Planos**.

9.1. Fabricación de la pipa de dirección

Para la fabricación de la pipa de dirección se parte de un bloque macizo de aluminio 6082-T6, suministrado por la empresa "Suministros Hurtado". Las dimensiones de dicho bloque serán de 350x160x150 milímetros.

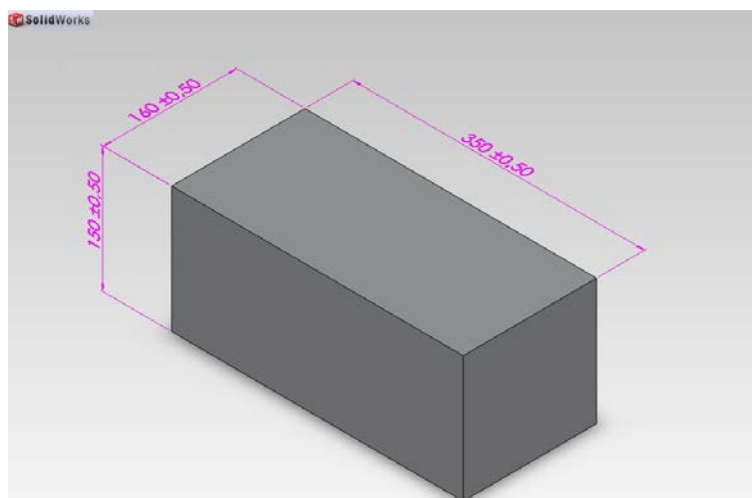


Figura 9.1. Bloque macizo para pipa de dirección

La primera operación que se llevará a cabo estará orientada al desbaste de material con el fin de darle la forma general a la pipa de dirección. Dicha operación de mecanizado será llevada a cabo mediante fresado. Para ello, primeramente se fijará el bloque de aluminio mediante gatos, a fin de que permanezca inmóvil durante toda la operación.

Para la realización de esta primera operación se seguirá el siguiente croquis. Todas las medidas se encuentran en milímetros.

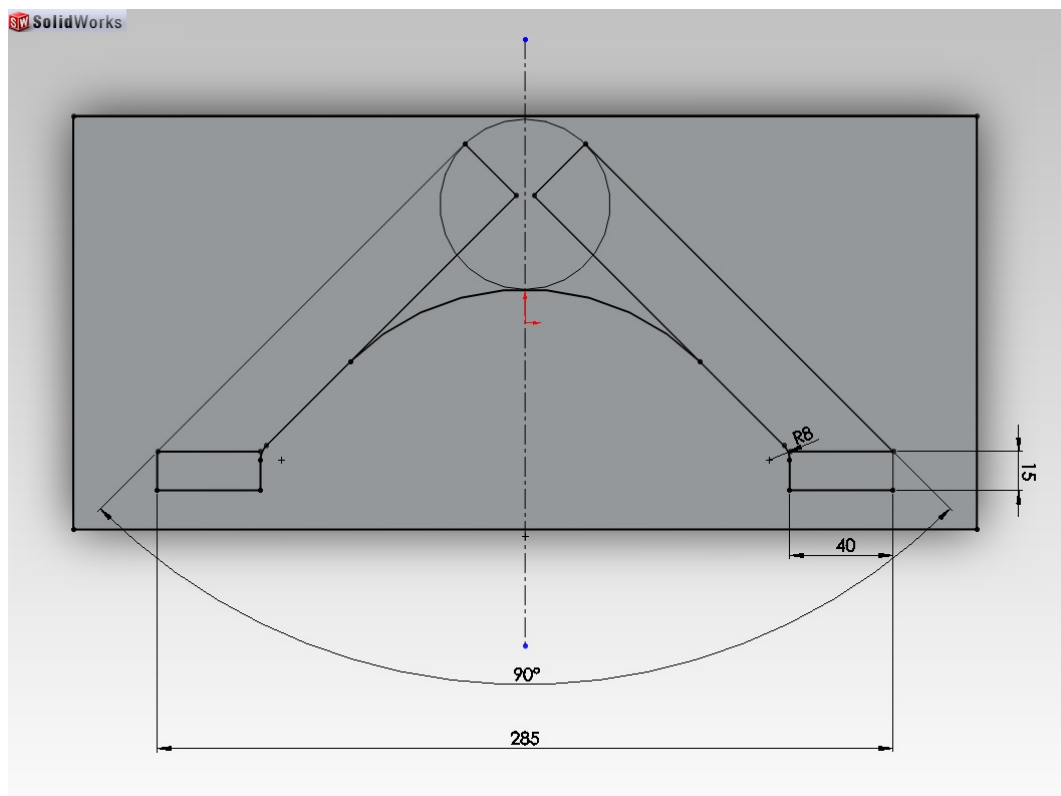


Figura 9.2. Croquis pipa de dirección

El aspecto que presentará el bloque tras finalizar esta primera operación será el siguiente:



Figura 9.3. Pipa de dirección tras la primera operación de mecanizado

El siguiente paso en el proceso de mecanizado será el fresado de las caras que ensamblarán con las vigas. A dichas caras se les realizará un fresado de forma que presenten dos salientes, los cuales serán los encargados de encajar en el interior de las vigas. Las dimensiones de estos salientes quedan especificados en el diseño, y vienen dados a partir de las dimensiones de las vigas. La profundidad será de 10mm, mientras que las caras estarán a una equidistancia de 4mm del exterior.

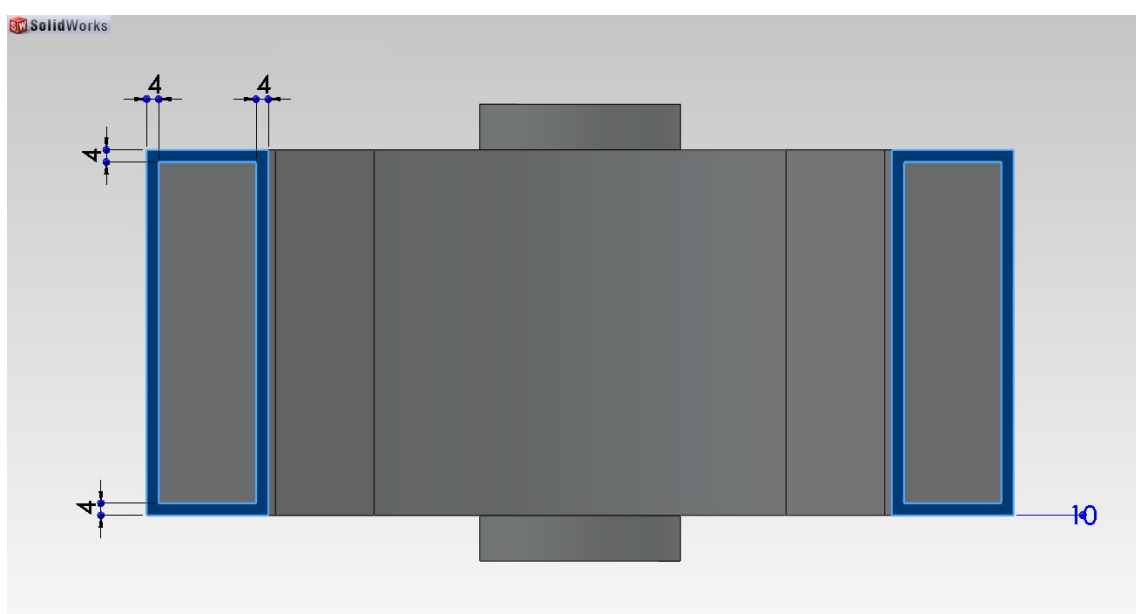


Figura 9.4. Fresado de salientes

Una vez se han realizado estas operaciones se está en disposición de llevar a cabo el fresado de los orificios. Las dimensiones de dichos orificios ya fueron estudiadas en el apartado de diseño para conseguir la máxima optimización, por lo que tan solo será necesario especificar su posición en las caras de la pipa. Dichos agujeros estarán situados a 32mm de los límites izquierdo y derecho, y a 28mm de los límites superior e inferior. Por otro lado, el redondeo de las esquinas será de 8mm de radio, pudiéndose así utilizar la herramienta disponible en taller.

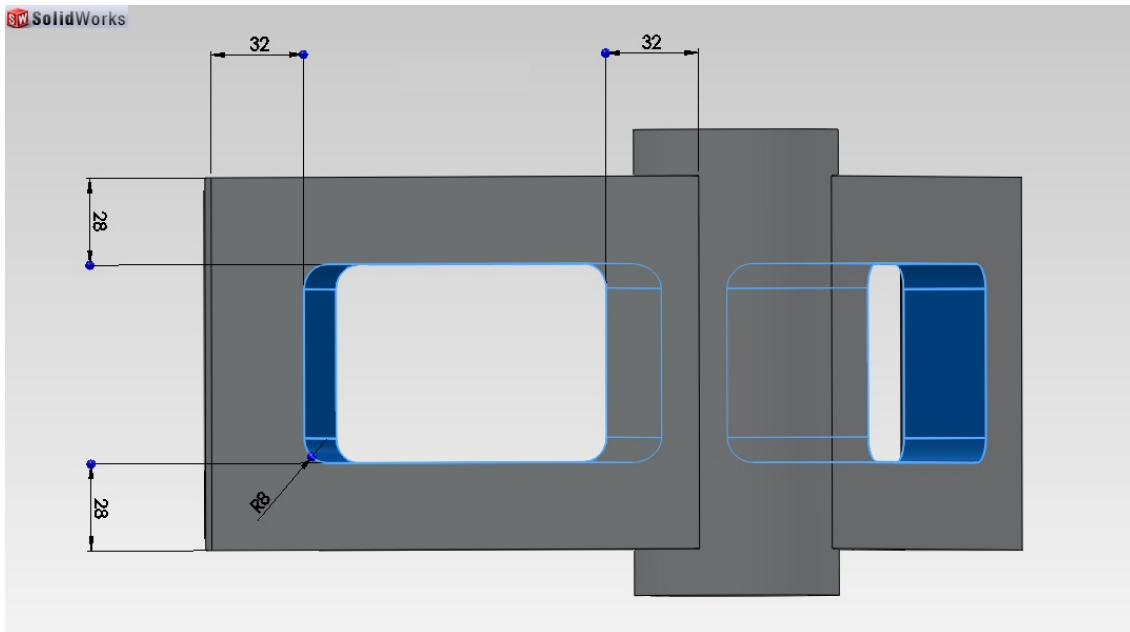


Figura 9.5. Fresado de los agujeros

Para finalizar la fabricación de la pipa se mecanizarán los dos agujeros de la parte frontal, los cuales anclarán la araña en la que irán soportados los marcadores digitales. Para ello se realizarán dos desbastes cilíndricos de 20mm de diámetro con una profundidad de 10mm. Dentro de estos desbastes cilíndricos se dispondrán concéntricamente dos agujeros pasantes de 6mm de diámetro. Para mayor comprensión de la ubicación de estos agujeros se adjuntan los croquis correspondientes.

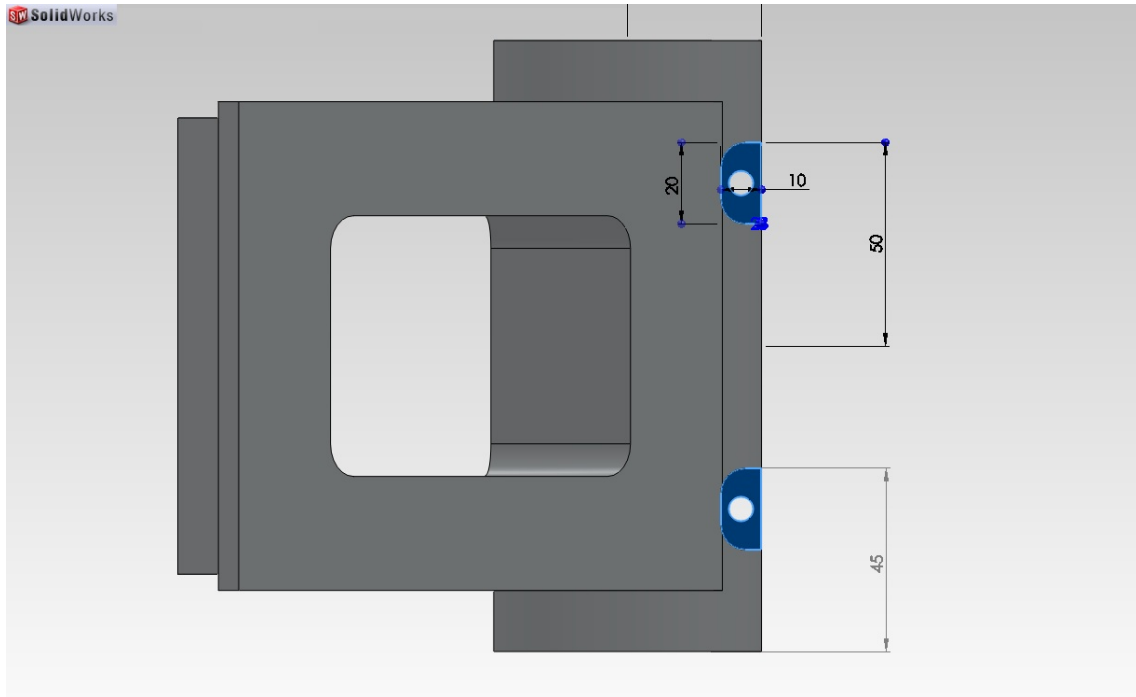


Figura 9.6a. Fresado de agujeros frontales

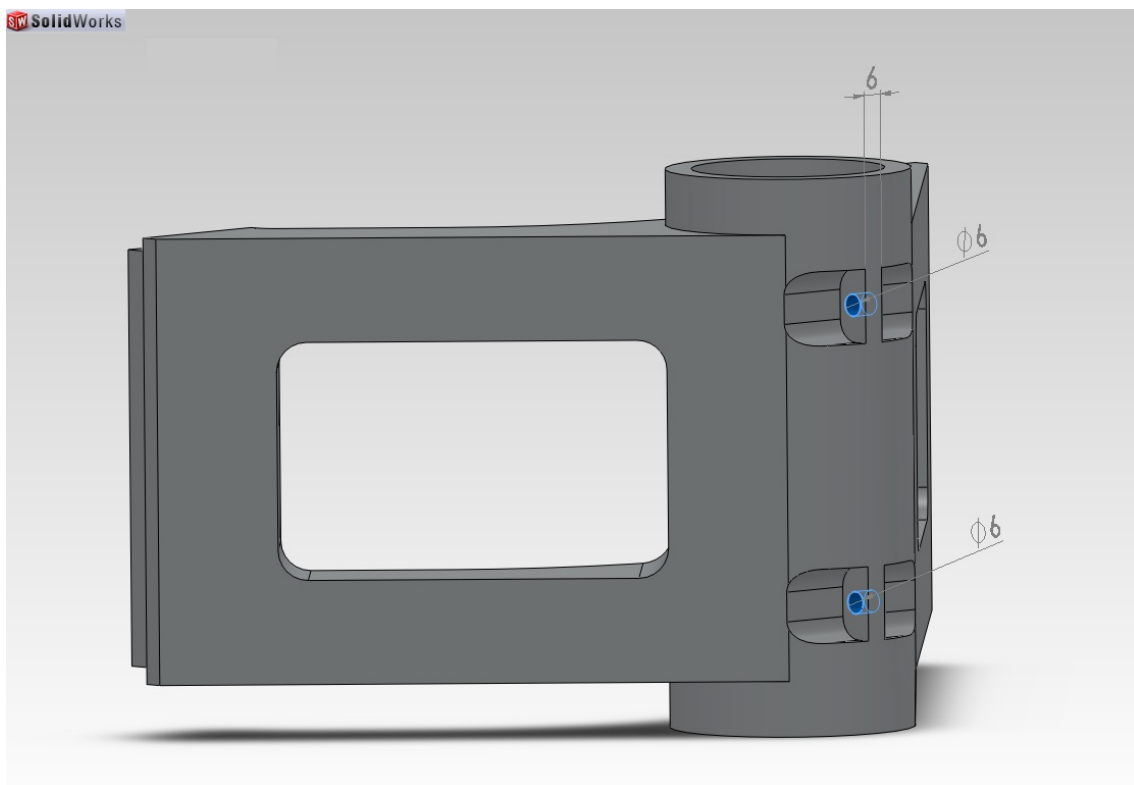


Figura 9.6b. Fresado de agujeros frontales

Una vez concluido todo el proceso de fabricación de la pipa de dirección, ésta presentará su aspecto definitivo y estará lista para ensamblar con el resto de elementos del chasis.



Figura 9.10a. Aspecto final de la pipa de dirección



Figura 9.10b. Aspecto final de la pipa de dirección

9.2. Fabricación de las vigas

Para el mecanizado de las vigas se partirá, como ya se ha mencionado en el capítulo de diseño, de perfiles rectangulares de aluminio 6063-T5, los cuales serán cortados posteriormente para darles la forma correspondiente.

Dicho perfil será de 120x40x4 milímetros, es decir, una altura de 120, una anchura de 40 y un espesor de perfil de 4. Por otro lado la longitud del perfil pedido a la empresa proveedora será de 1200mm, con el objetivo de poder utilizarlo también en la fabricación del basculante.

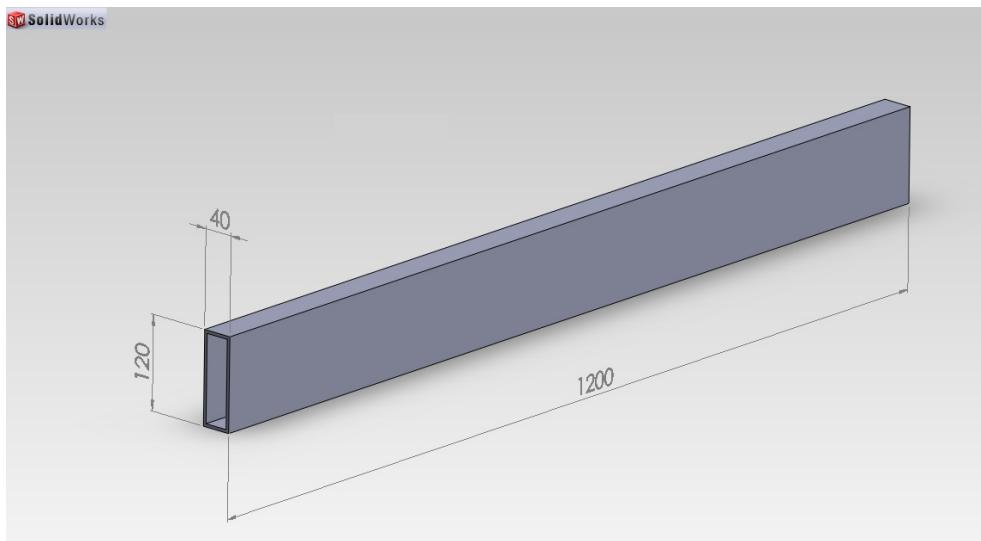


Figura 9.11. Perfil para fabricación de vigas

Primeramente se deberá cortar el perfil de 1200mm en dos trozos de 450mm, a partir de los cuales se trabajará para la fabricación de las dos vigas. El corte se realizará mediante sierra automática.

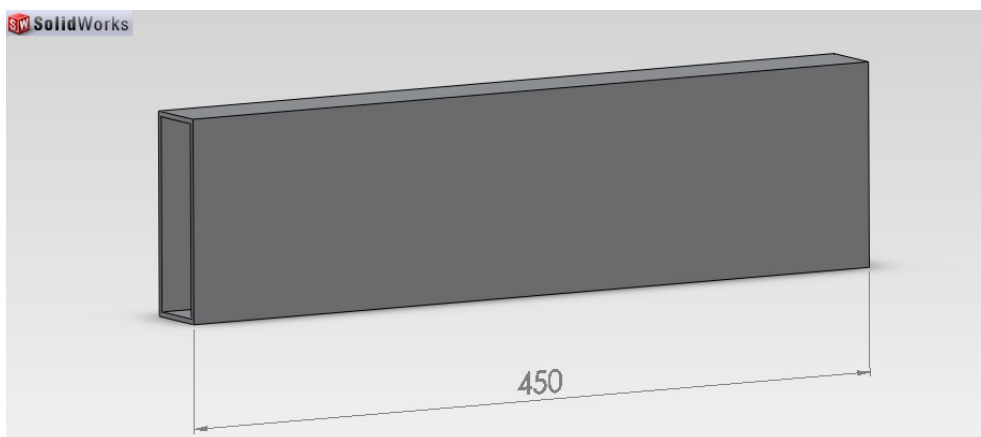


Figura 9.12. Perfil cortado

Una vez que se dispone de los dos trozos de perfil, se está en disposición de comenzar a trabajar con ellos. La primera operación será un corte según lo especificado en el croquis, es decir, de 60mm por un lado y 40mm por el otro.

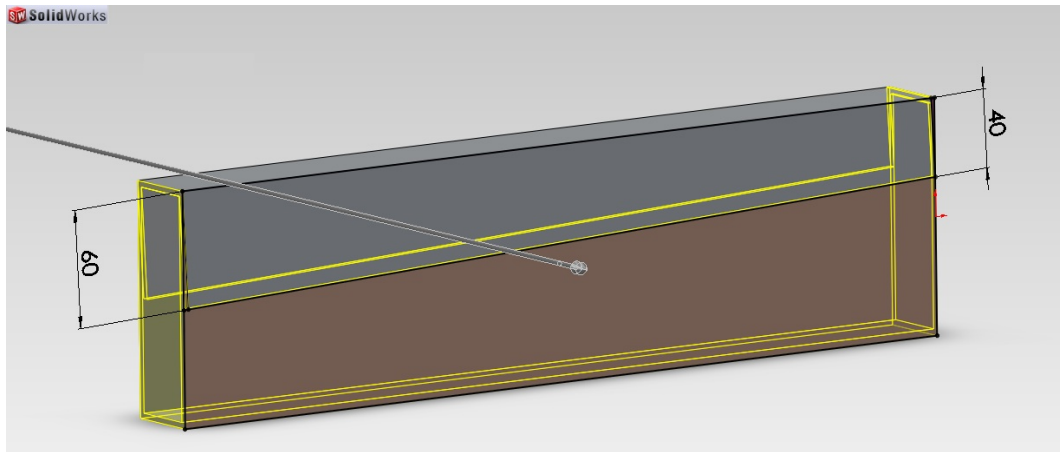


Figura 9.13a. Primer corte

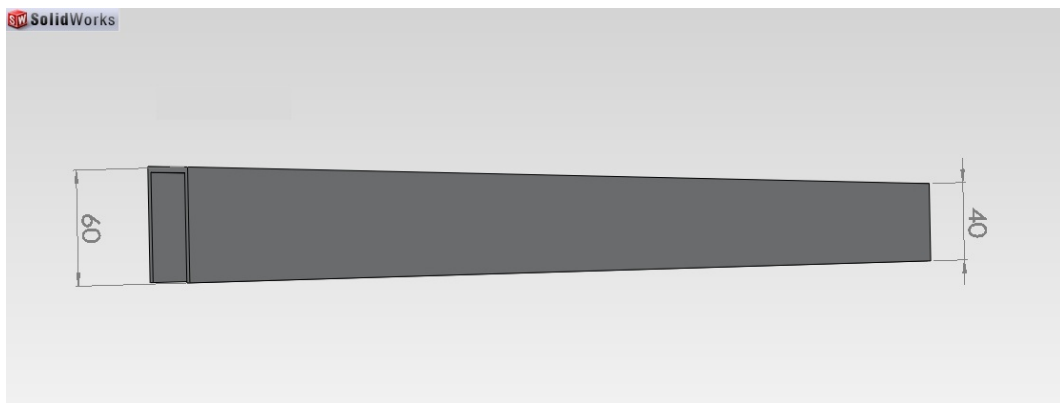


Figura 9.13b. Primer corte

Con el trozo de perfil restante se repetirá la misma operación, generando por tanto dos perfiles en U de 60mm por un lado y 40mm por el otro.

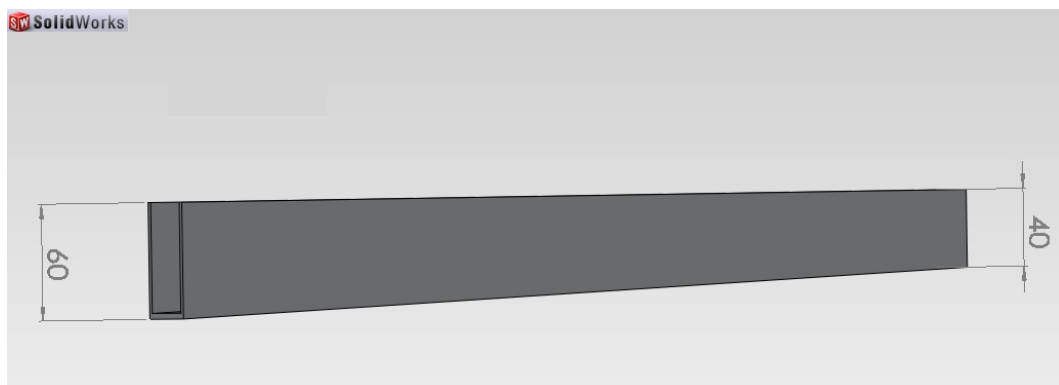


Figura 9.14. Mismo corte en el trozo de perfil restante

Esto significará que ambos perfiles en U encajarán a la perfección, formando de esta forma la viga de 120mm de altura por un lado y 80mm por el otro.

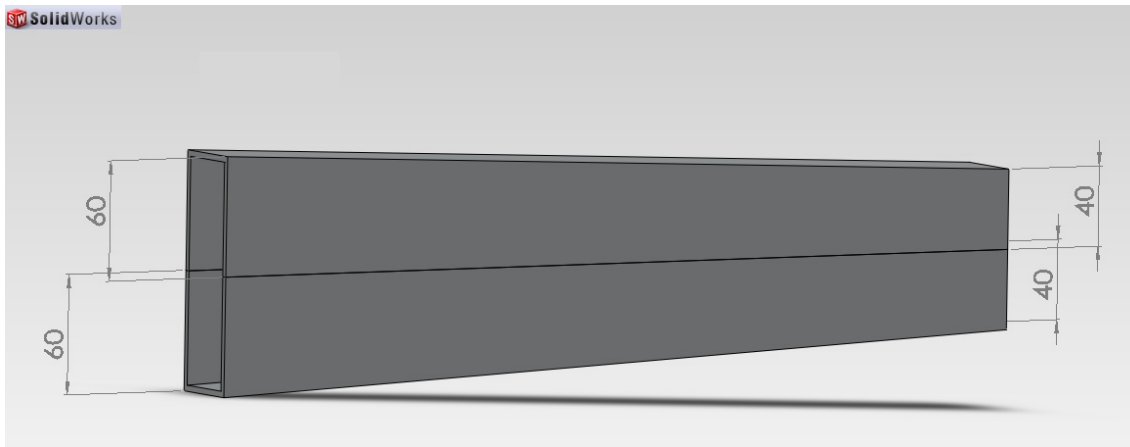


Figura 9.15. Unión de los perfiles en U formando la viga

Sin embargo, al ensamblar éstas vigas con la pipa de dirección y las pletinas, se comprueba que se producen pequeñas interferencias, es decir, chocan y no es posible realizar un ensamblaje correcto. Esto es debido a que, en el diseño del chasis, las vigas van inclinadas un ángulo de 23° , por lo que chocan con la parte inferior con la pipa y por la parte superior con las pletinas.

Es por ello que se procede a realizar un último corte a las vigas, a fin de que el ensamblaje sea perfecto. Tras estudiarlo, se decide que dicho corte consista en recortar un ángulo de 2° tanto en la parte delantera como trasera.

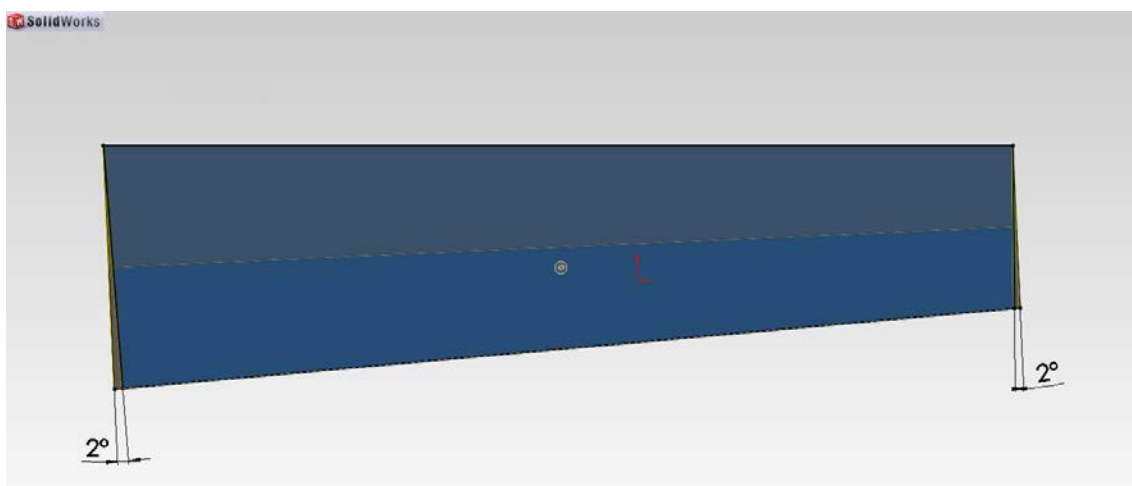


Figura 9.16a. Corte de 2° en ambos extremos

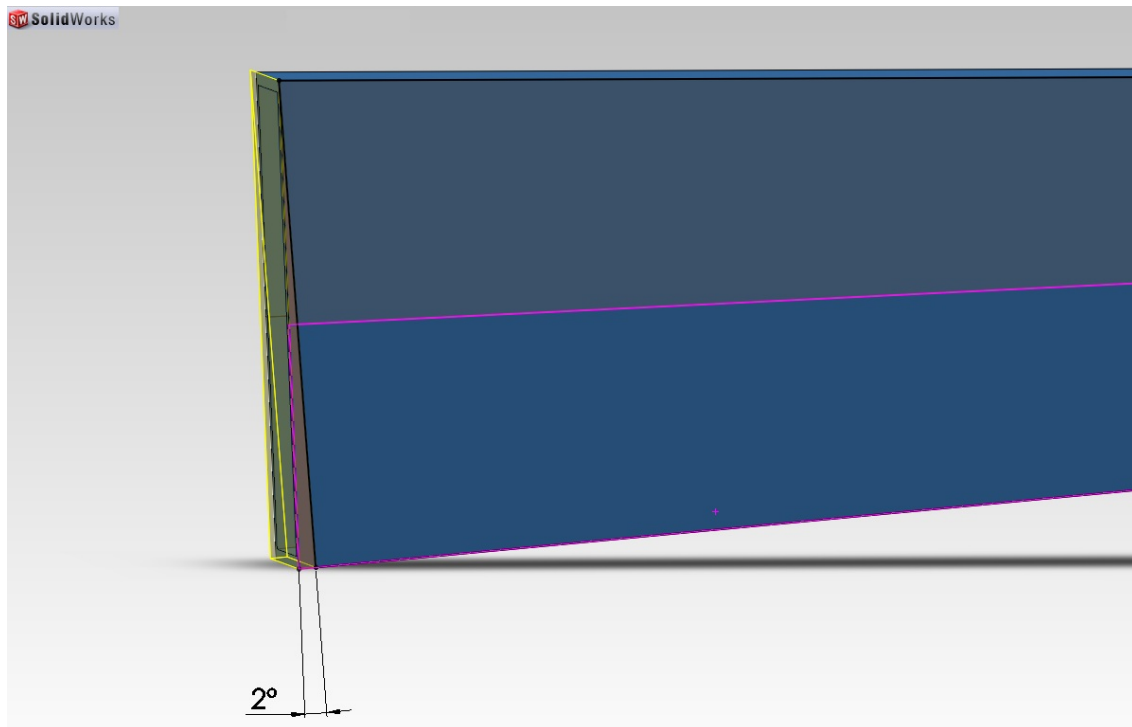


Figura 9.16b. Detalle del corte de 2° en ambos extremos

Todo este procedimiento se repetirá de forma análoga para la fabricación de la otra viga, obteniendo por tanto las dos vigas que irán unidas a las dos caras de la pipa de dirección y a las dos pletinas.

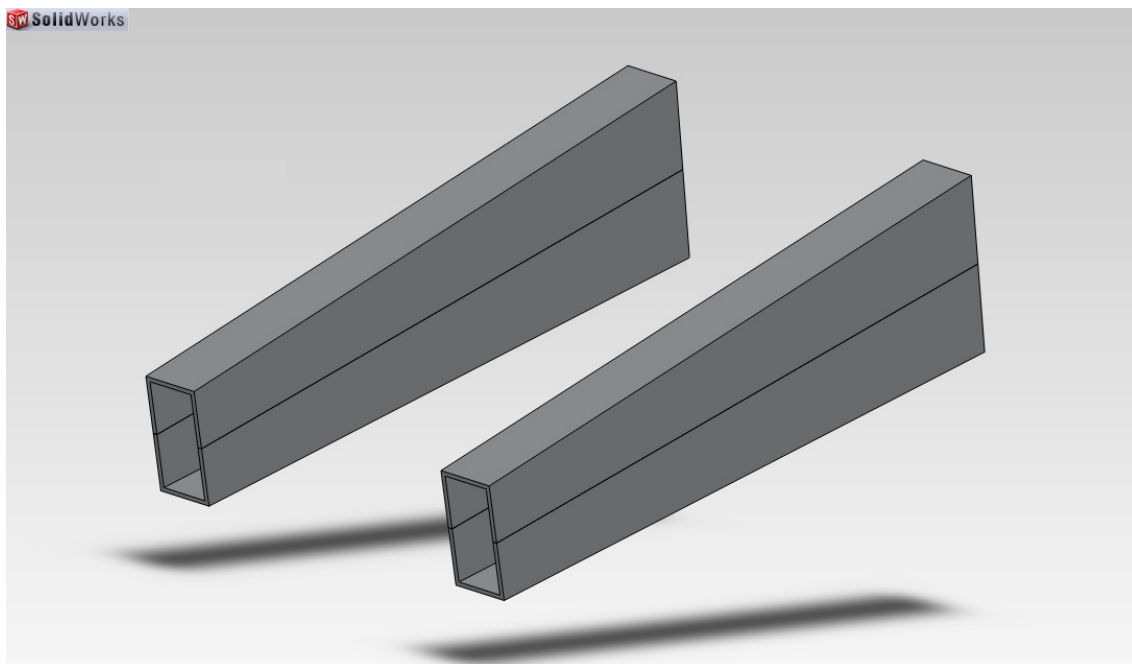


Figura 9.17. Vigas

9.3. Fabricación de las pletinas

Para la fabricación de las pletinas se partirá, de forma homóloga a como se hizo con la pipa de dirección, de un bloque macizo de aluminio 6082-T6. En este caso dicho bloque será dividido en dos, ya que hay que fabricar dos piezas: las dos pletinas. El bloque será suministrado igualmente por la empresa "Suministros Hurtado".

La primera operación consistirá en el fresado del bloque según las cotas especificadas en el siguiente croquis, consiguiendo darle la forma general a la pletina. La fresa plasmará las cotas que se muestran en el croquis con una profundidad de 40mm.

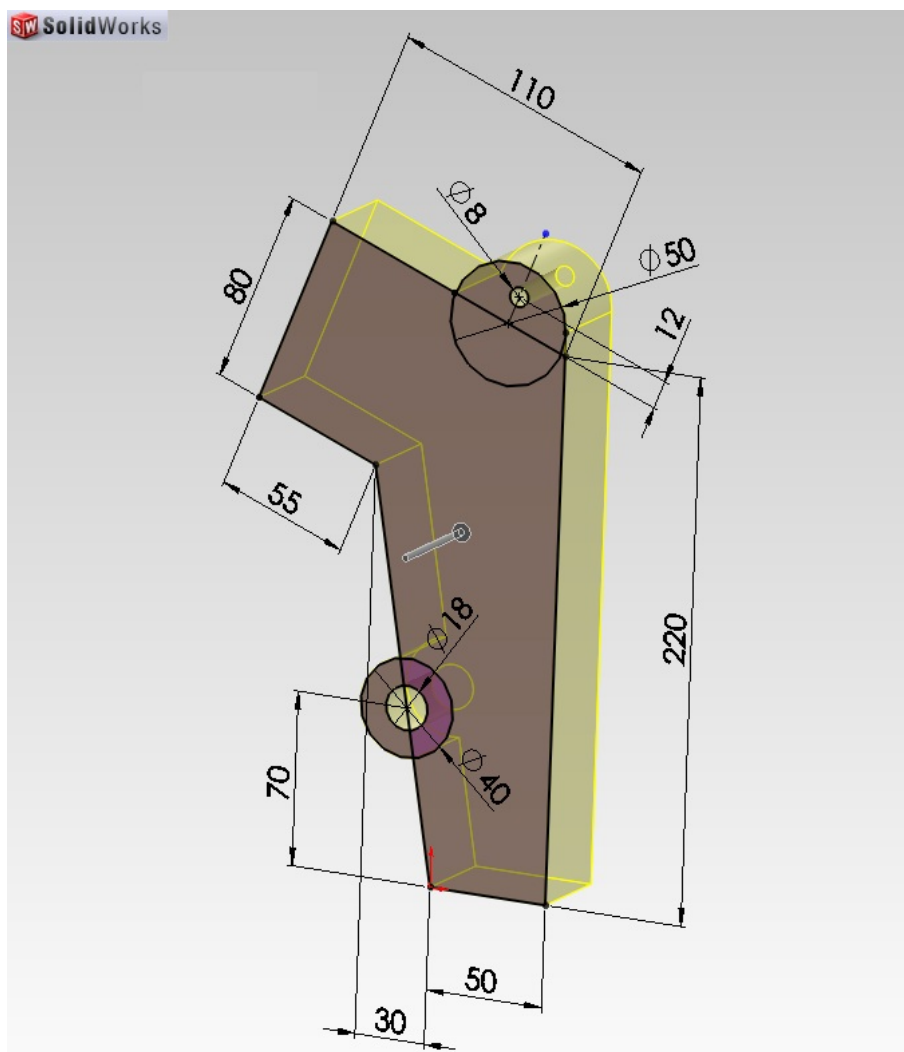


Figura 9.18. Croquis general pletina

Seguidamente se cortará la pletina superior, la cual será la encargada de ensamblar con el subchasis. Se recortará de forma que tenga una anchura de 10mm, es decir, una profundidad de 30mm.

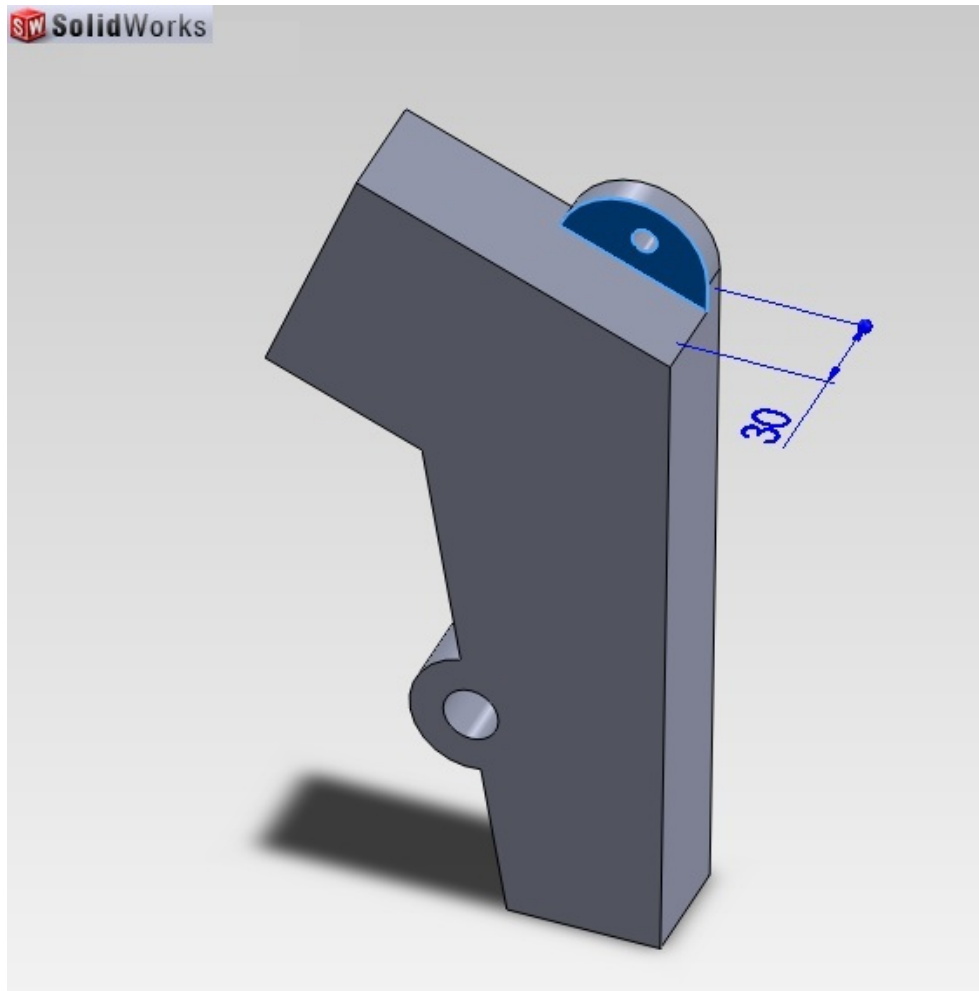


Figura 9.19. Corte de la pletina superior

El siguiente paso será el de preparar las pletinas para su ensamblaje con las vigas. Para ello se repetirá una operación ya realizada anteriormente en la fabricación de la pipa de dirección: el mecanizado de las caras que ensamblarán con las vigas. Dicho mecanizado consistirá en el vaciado de los límites de las caras, con el fin de que dichas presenten un saliente que encaje en el interior de las vigas.

A diferencia de en la pipa de dirección, el fresado de estos salientes será de 5mm de profundidad, aunque si que tendrá una equidistancia de 4mm con respecto al límite exterior, la cual corresponde a los 4mm de espesor que tienen los perfiles de las vigas.

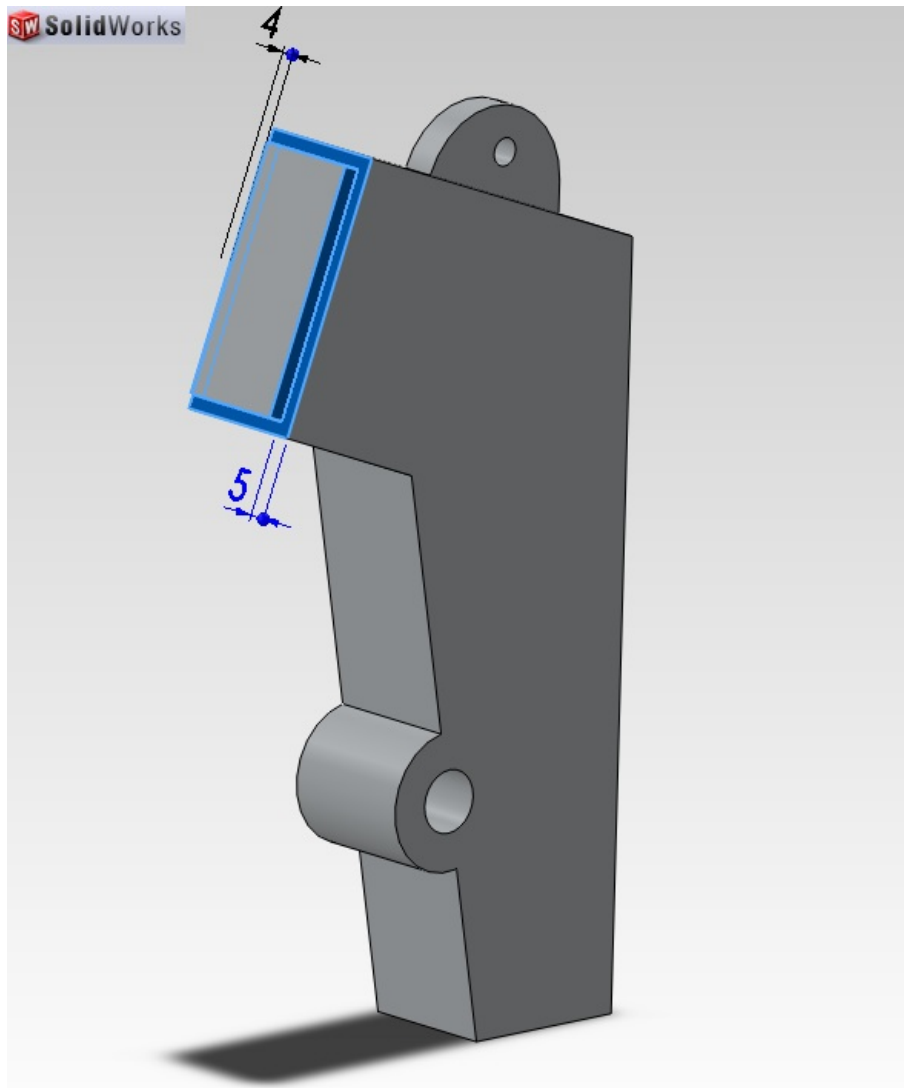


Figura 9.20. Croquis para fresado de salientes

Una vez se tiene la forma general de las pletinas y las caras preparadas para ensamblar con las vigas, se procederá al mecanizado de una de las grandes innovaciones que se ha incluido, la reducción de sección progresiva.

El primer paso será el desbaste de material en la zona inferior de la pletina. Para ello se trazará una línea imaginaria entre los dos vértices o esquinas de la pletina y, posteriormente, se trazará otra paralela a unos 60mm de separación. A continuación se procederá a fresar toda la superficie que queda por debajo de dicha línea, con una profundidad de fresado de 15mm.

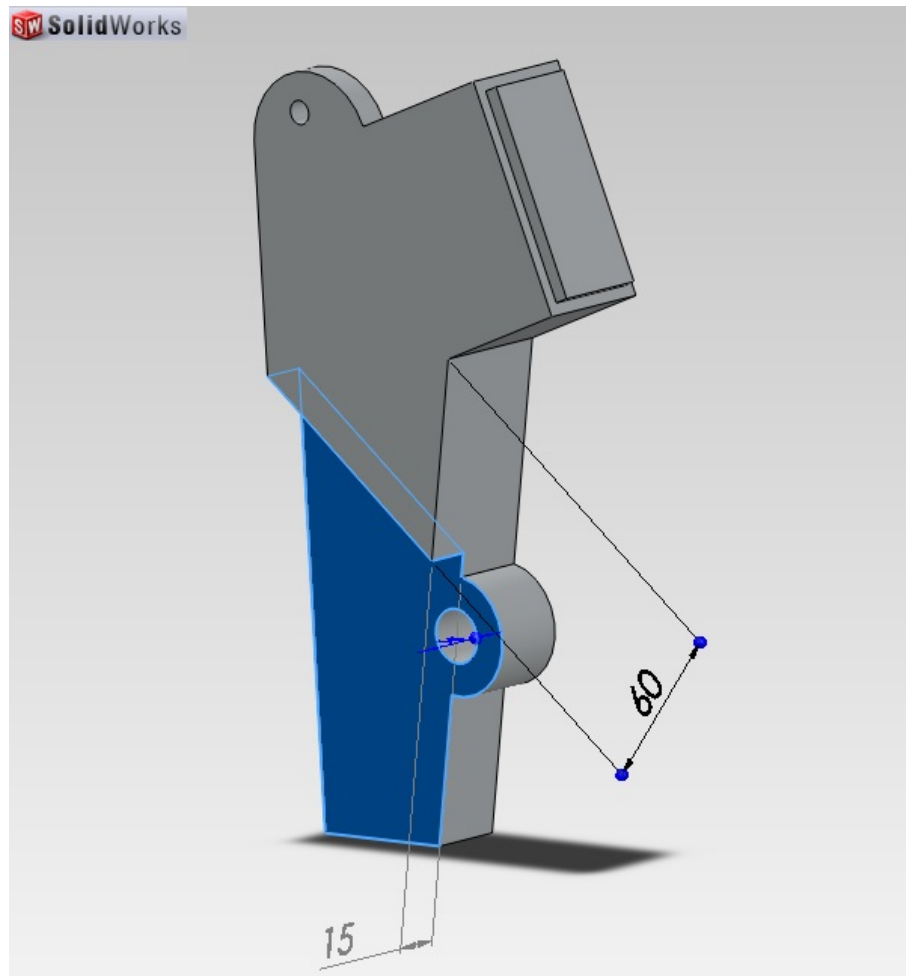


Figura 9.21a. Reducción de sección

El segundo paso será, por tanto, el desbaste de la zona superior. En este caso se trazará una línea desde la zona ya desbastada hasta el vértice superior y posteriormente se trazará un triángulo rectángulo. Una vez hecho el croquis se procederá al fresado a partir de dicho croquis y en la dirección que marcan las líneas imaginarias realizadas, anteriormente, en el primer desbaste.

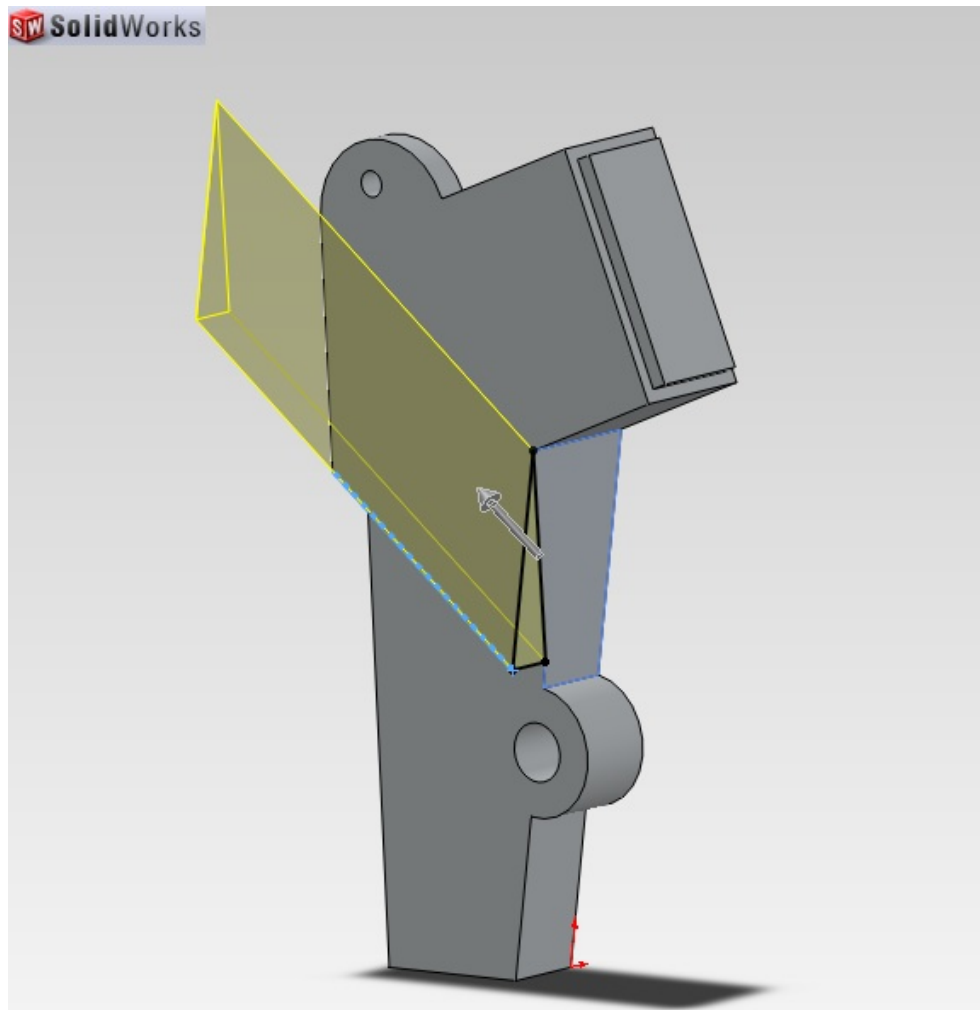


Figura 9.21b. Reducción de sección

Tras realizar estas dos operaciones de mecanizado se dará por concluida la reducción de sección de la pletina, estando ésta preparada para la siguiente operación de mecanizado. Toda esta serie de operaciones se realizará de forma paralela y simétrica en las dos pletinas, izquierda y derecha.

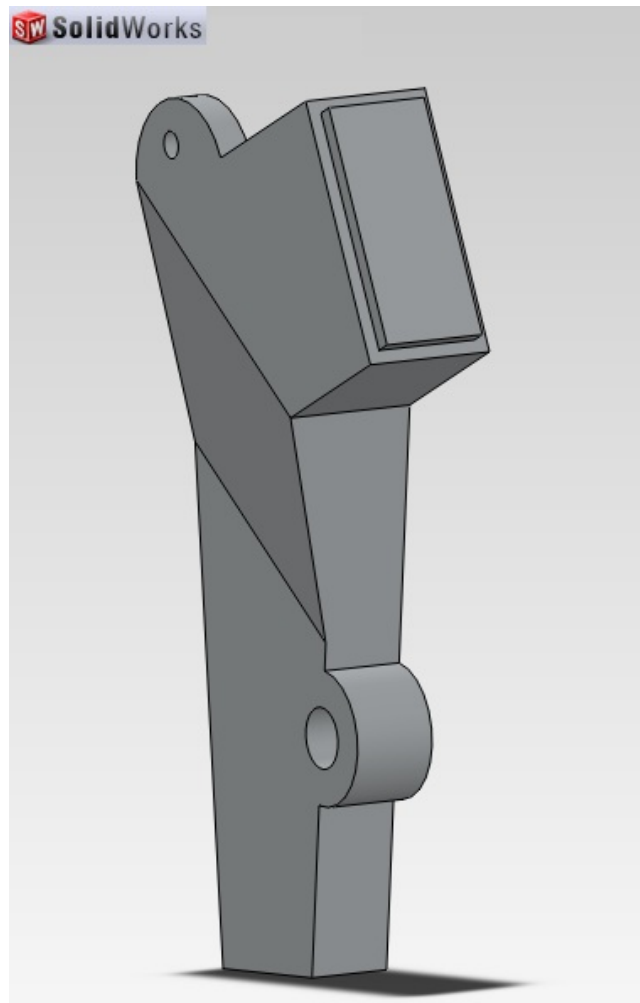


Figura 9.22. Reducción de sección finalizada



Figura 9.23. Reducción de sección finalizada

Una vez finalizadas todas las operaciones correspondientes para obtener la reducción de sección en las pletinas se dará paso a la otra gran operación, el vaciado de éstas. Dentro de este proceso de vaciado se diferenciarán dos fases. Una en la cual se realizarán tres vaciados de 15mm de profundidad y otra en la que se realizará un vaciado de 22mm de profundidad.

Por tanto, primeramente se procederá al mecanizado de los tres vaciados de 15mm. Éstos se realizarán mediante fresado, comenzando por el situado en la parte inferior y acabando por la parte superior. Las medidas óptimas de estos vaciados, así como su posicionamiento en el plano y su profundidad han sido estudiadas previamente en la fase de diseño. Todos los vaciados se realizarán con redondeo de las esquinas. Dicho redondeo será de 8mm de radio.

Para conocer con exactitud dichas medidas y facilitar el mecanizado se adjuntan los croquis de esta primera fase.

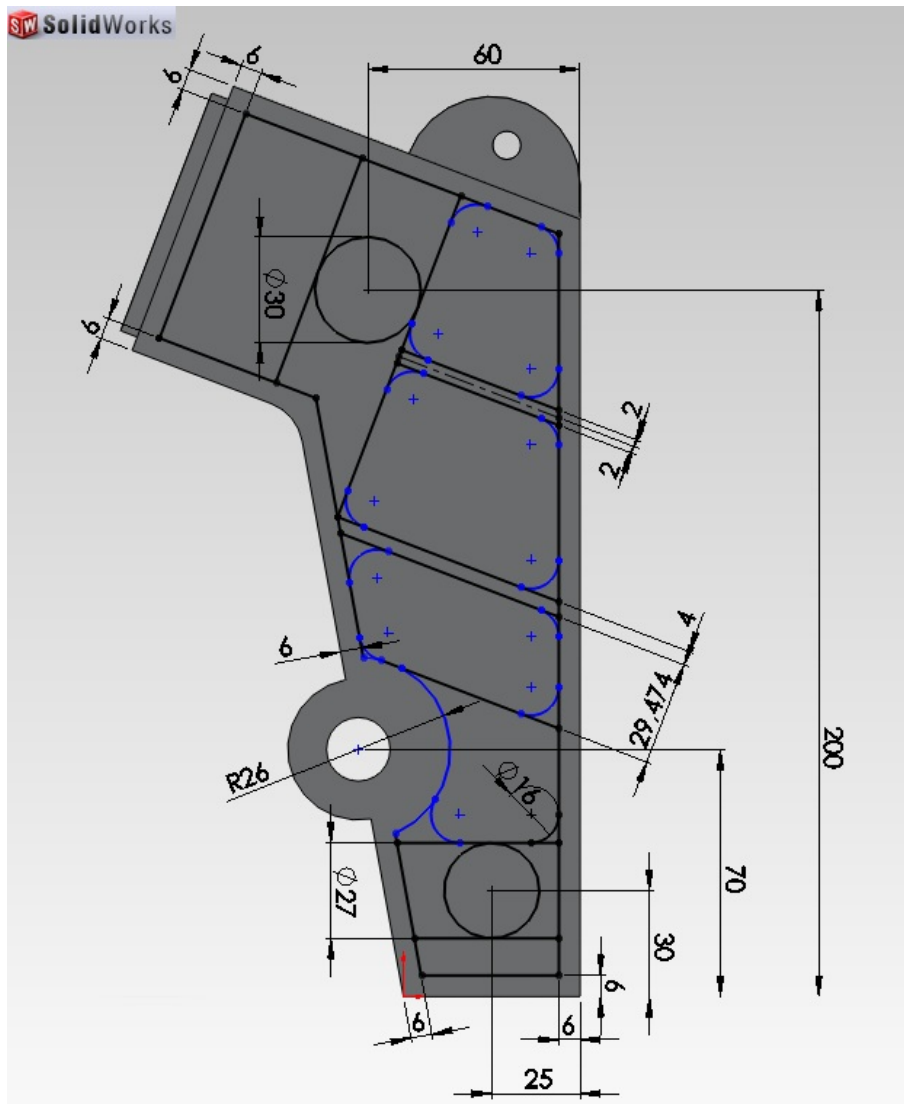


Figura 9.24. Croquis vaciado. Fase I

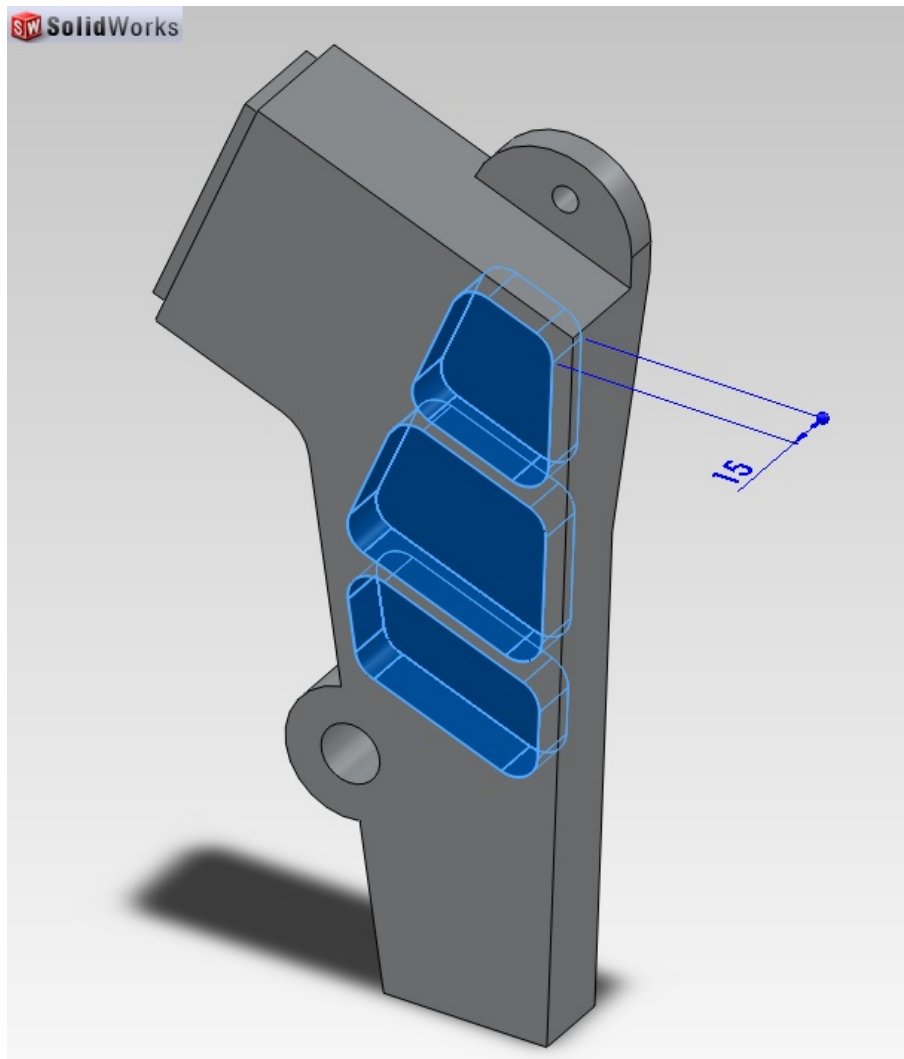


Figura 9.25. Vaciado. Fase I

Posteriormente se dará paso a la segunda fase. En ella se realizará el vaciado de la zona superior de la pletina. Dicho vaciado será, como ya se ha mencionado anteriormente, de 22mm. Esto se debe a que en esta zona el tocho de material presente es mayor con respecto a la zona inferior, debido a la reducción de sección que se ha realizado con anterioridad.

Para la comprensión de esta operación se adjunta el croquis, en el cual se pueden observar todas las medidas necesarias para su mecanizado.

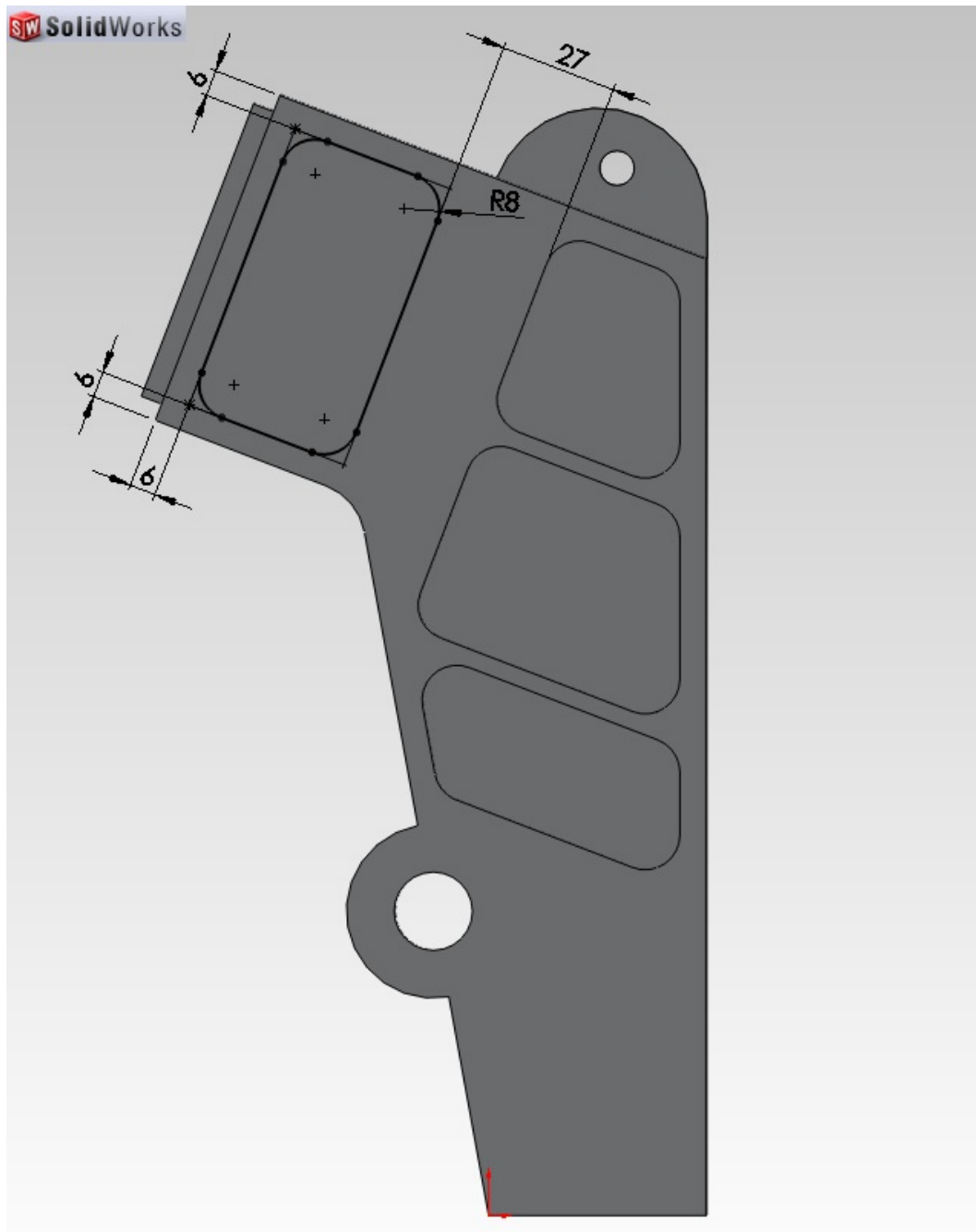


Figura 9.26. Croquis vaciado. Fase II

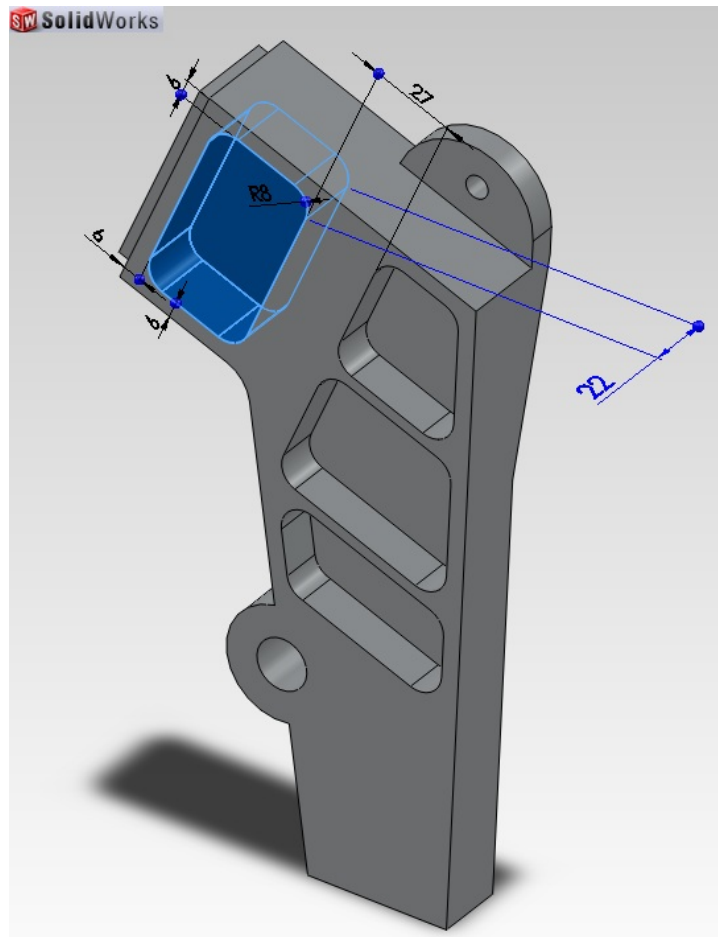


Figura 9.26. Vaciado. Fase II

Una vez finalizadas todas estas operaciones se dará por concluido el proceso de vaciado de la pletina. Este proceso se realizará de forma paralela y simétrica para la otra pletina, mostrando éstas el siguiente aspecto.



Figura 9.27. Aspecto de la pletina tras los vaciados

La siguiente operación en llevar a cabo será el redondeo de la pletina superior, la cual servirá de anclaje al subchasis. Dicho redondeo constará de un radio de 14 mm. Por otro lado también se redondearán las esquinas presentes en la zona que servirá de anclaje al motor.

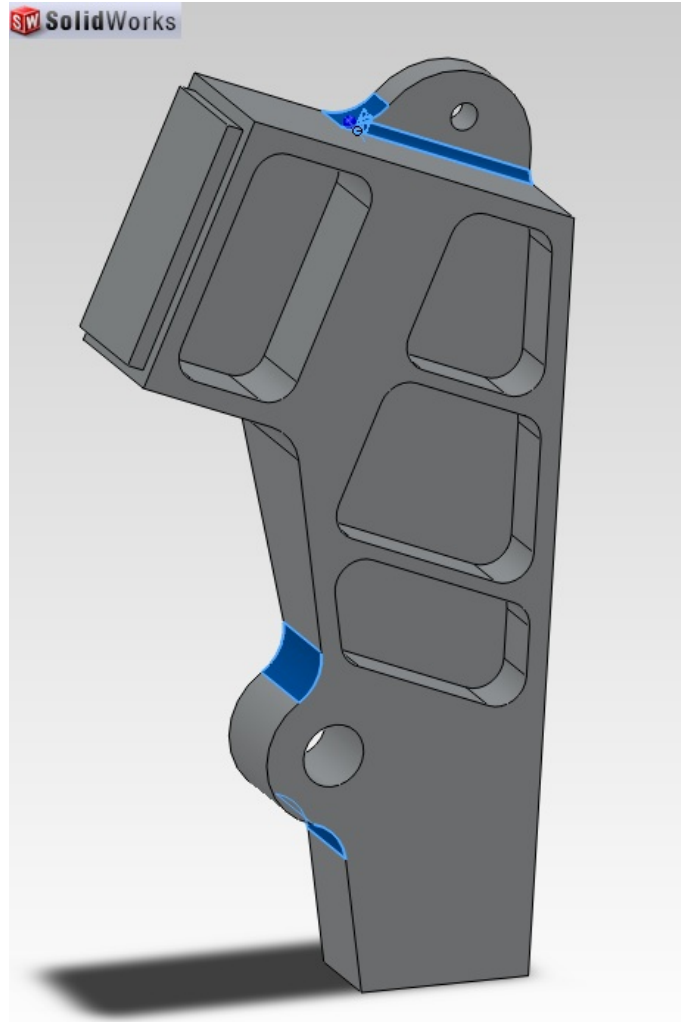


Figura 9.28. Redondeo zonas de anclaje subchasis y anclaje motor

Una vez realizados estos redondeos se dará paso al mecanizado de dos agujeros de 25mm. Dichos agujeros tendrán, tan solo, una profundidad de 2 milímetros. El agujero situado arriba servirá para que el tubo de 25mm, que formará parte del sistema de bieletas, encaje a la perfección entre ambas pletinas con el fin de facilitar la soldadura y mejorar la resistencia. El agujero situado abajo, posteriormente, se hará pasante de 18mm y será el que ejerza de anclaje con el basculante. Es por ello que los 2mm de profundidad y 25mm de diámetro solo servirán como apoyo para el eje.

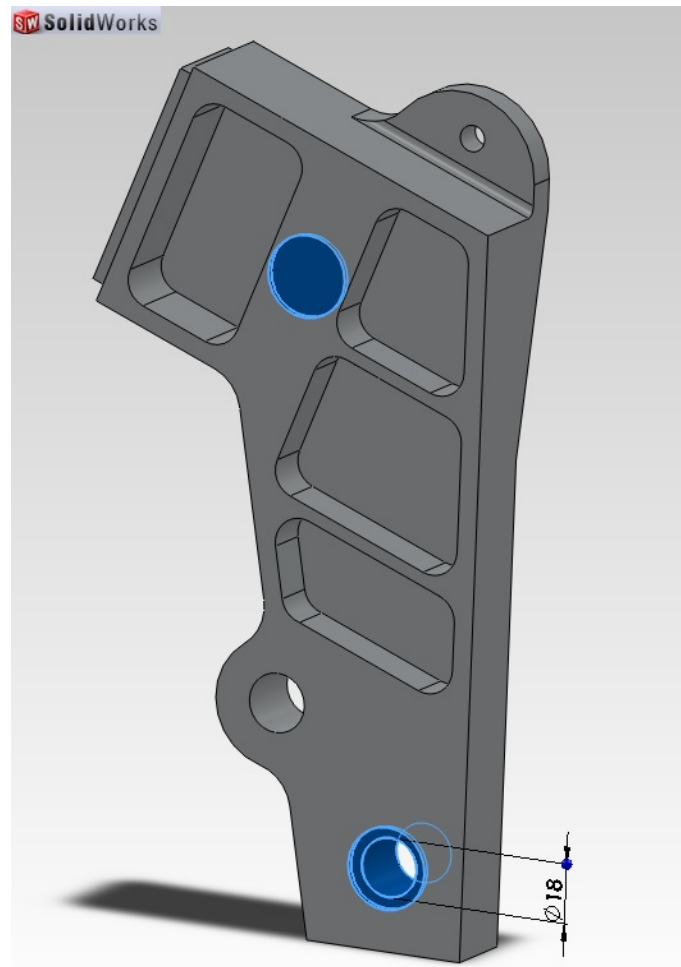


Figura 9.29. Mecanizado de agujeros



Figura 9.30. Mecanizado de agujeros

Por último, tan solo quedará por realizar el taladro de los dos agujeros que servirán de anclaje para las estriberas. Dichos agujeros serán de 8 milímetros de diámetro y su posicionamiento en el plano queda reflejado en el croquis.

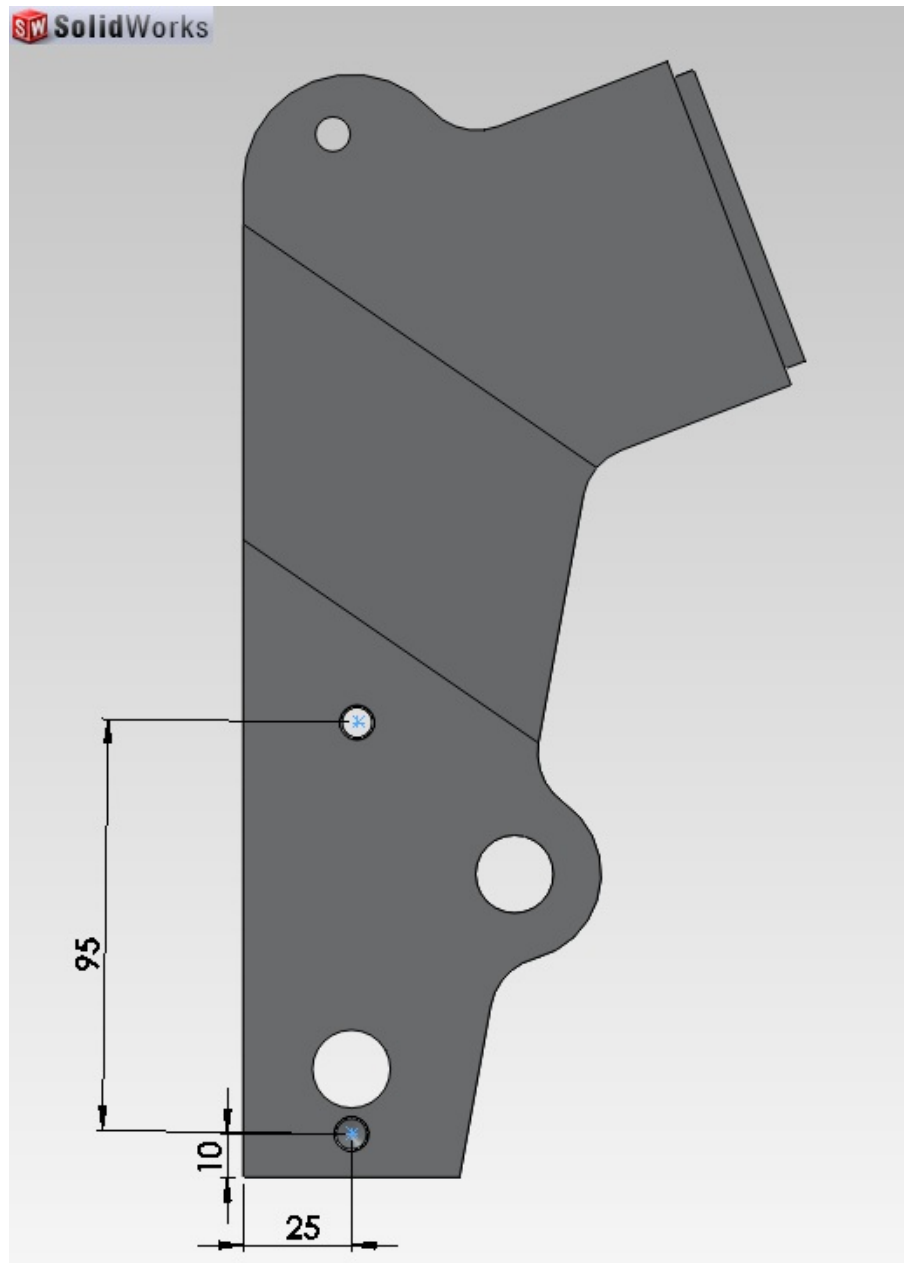


Figura 9.31. Croquis mecanizado anclaje estriberas

Una vez realizadas todas estas operaciones, tanto para una pletina como para otra, se dará por concluido el proceso de fabricación de las pletinas, estando éstas preparadas para el ensamble con el resto de elementos del chasis. El aspecto final de ambas pletinas será el siguiente.

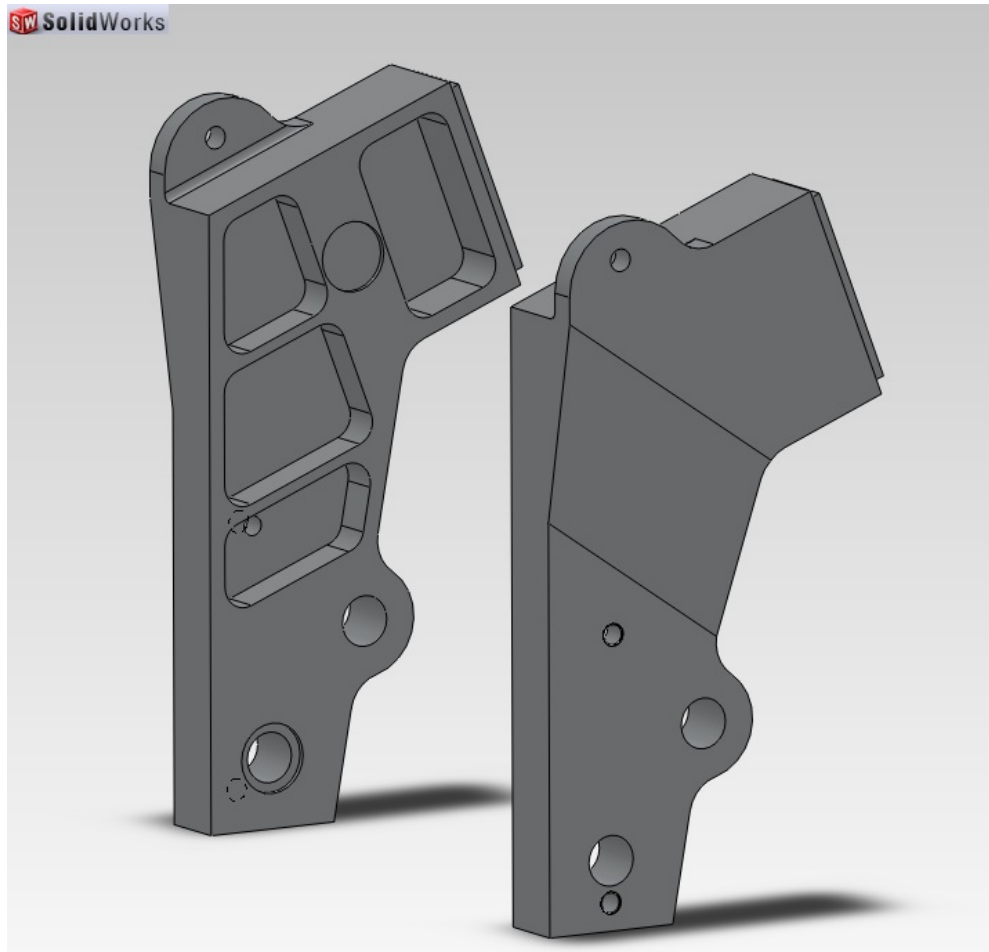


Figura 9.32a. Aspecto final de las pletinas



Figura 9.32b. Aspecto final de las pletinas

9.4. Fabricación de la sujeción delantera del motor

Para la fabricación de la sujeción delantera del motor se hará uso de los tubos de 25mm de diámetro, de los de 22.5mm de aluminio 6063-T5 y de un pequeño bloque macizo de aluminio 6082-T6.

El primer paso será la fabricación de cuatro pequeñas pletinas idénticas, las cuales serán las encargadas de, por un lado, unir los tubos con la pipa de dirección y, por otro lado, anclar el motor.

Dichas pletinas tendrán forma de L, siendo sus lados de 25x25 y su espesor de 6 milímetros. En el centro de una de las caras se realizará un taladro de 8mm de diámetro.

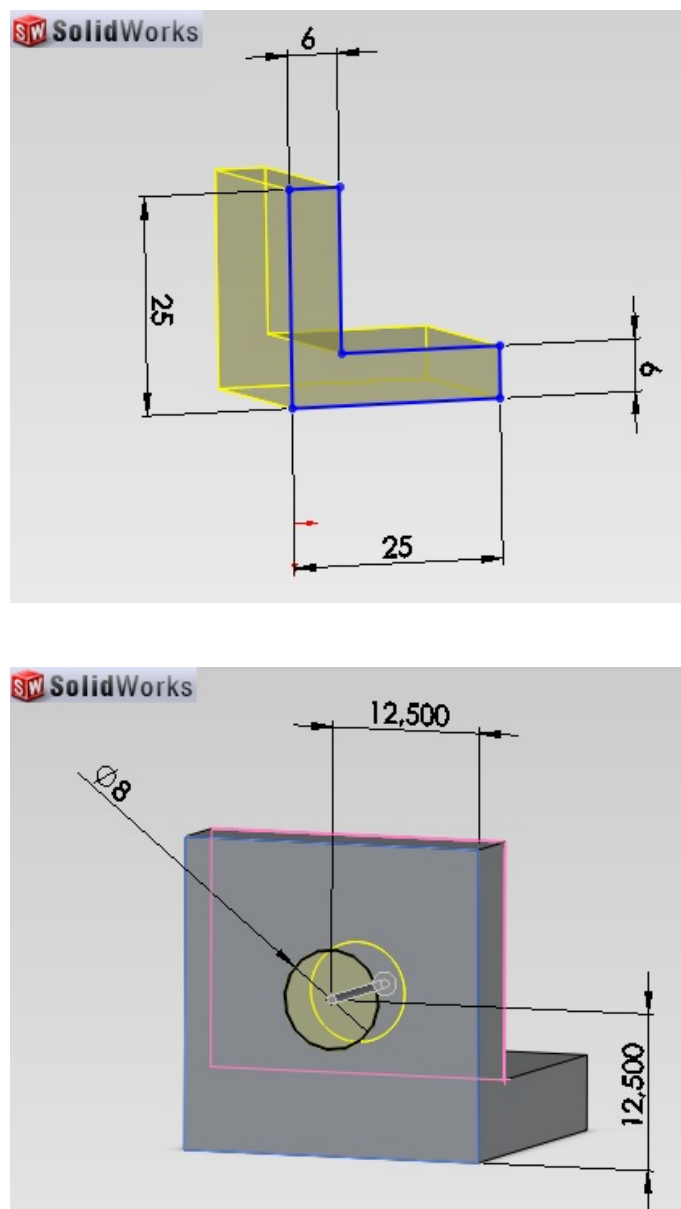


Figura 9.33. Pletina

Una vez que se tienen las cuatro pletinas listas se procederá al corte de los tubos. Primeramente se realizará el corte de los tubos de 25 milímetros de diámetro y 2.5 milímetros de espesor. Se cortarán dos tramos de 265 milímetros cada uno. Además, en ambos extremos del tubo se hará un corte de forma que, en lugar de formar un ángulo de 90° , las caras formen un ángulo de 76.83° con respecto al eje longitudinal del tubo.

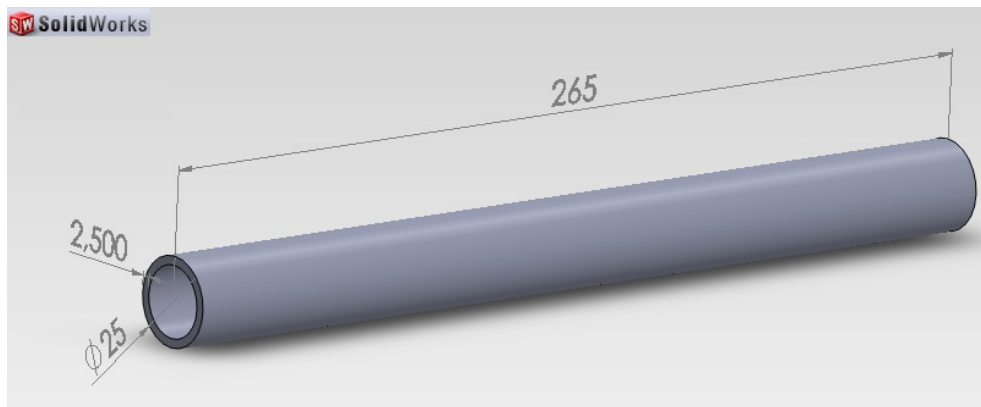


Figura 9.34. Corte de 265mm del tubo de $\phi 25$

Esto supondrá que, al ensamblar las pletinas con los tubos, todo quede en la posición correcta.

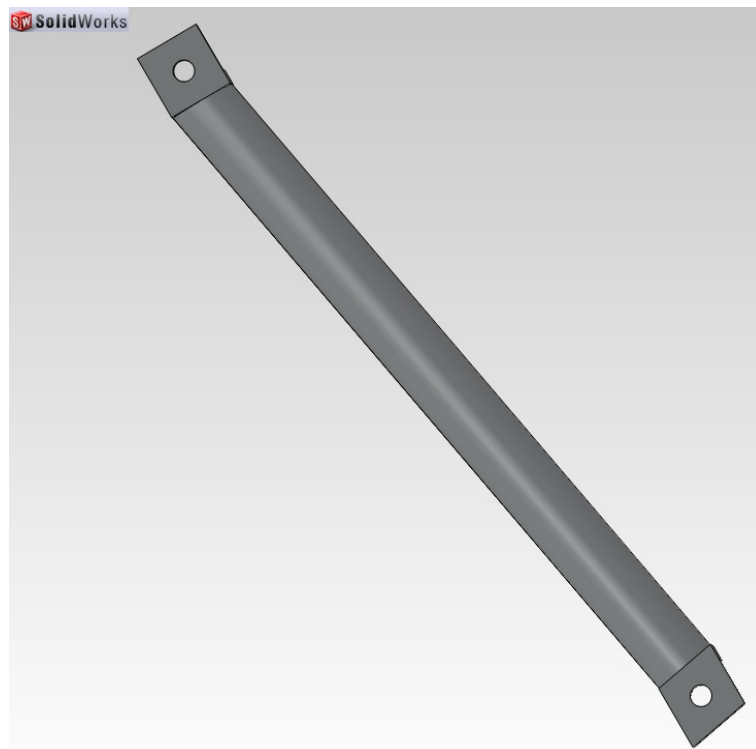


Figura 9.35. Ensamblaje del tubo con las dos pletinas

Tras esto se procederá al corte de los tubos de 22.5 milímetros de diámetro y 2.5 milímetros de espesor. Análogamente a como se hizo con los tubos de 25, se cortarán dos tramos, en este caso con una longitud de 210 milímetros.

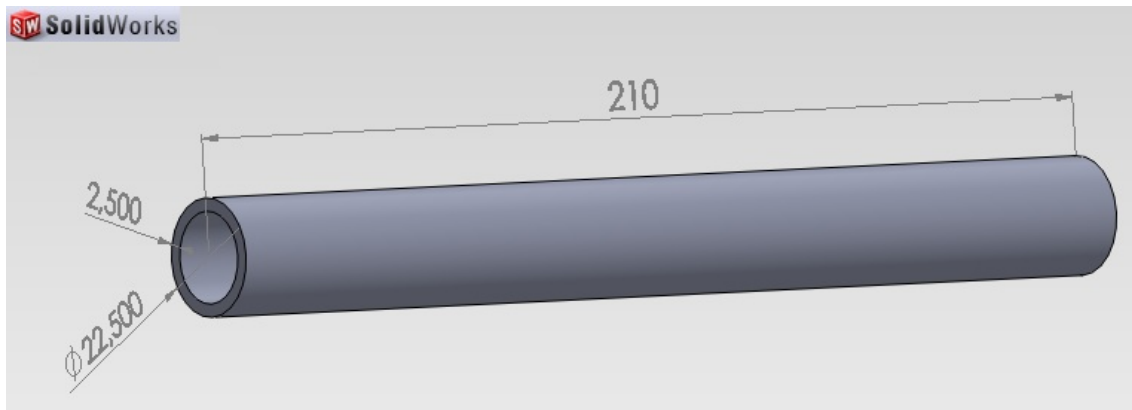


Figura 9.36. Corte de 210mm del tubo de $\Phi 22.5$

A uno de los extremos de dichos tubos se les realizará un corte de forma que encaje de manera perfecta con la superficie exterior de los tubos de 25. El posicionamiento del tubo de 22.5 con el de 25 vendrá dado por las siguientes cotas.

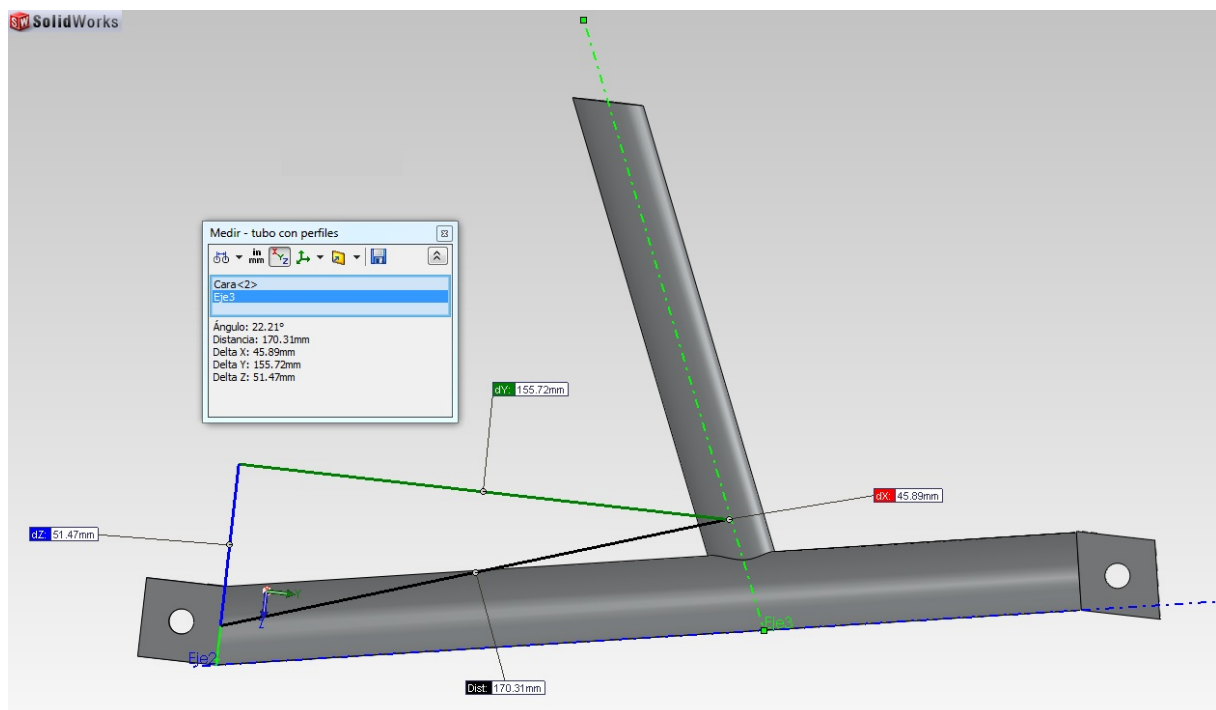


Figura 9.37a. Colocación de los tubos

La línea negra refleja la distancia, siendo de 170.31 milímetros; la línea azul el delta de Z, siendo de 51.47 milímetros; la línea verde el delta de Y, siendo de 155.72 milímetros; y la línea roja el delta de X, siendo de 45.89 milímetros. El ángulo que formarán ambos tubos será de 22.21° .

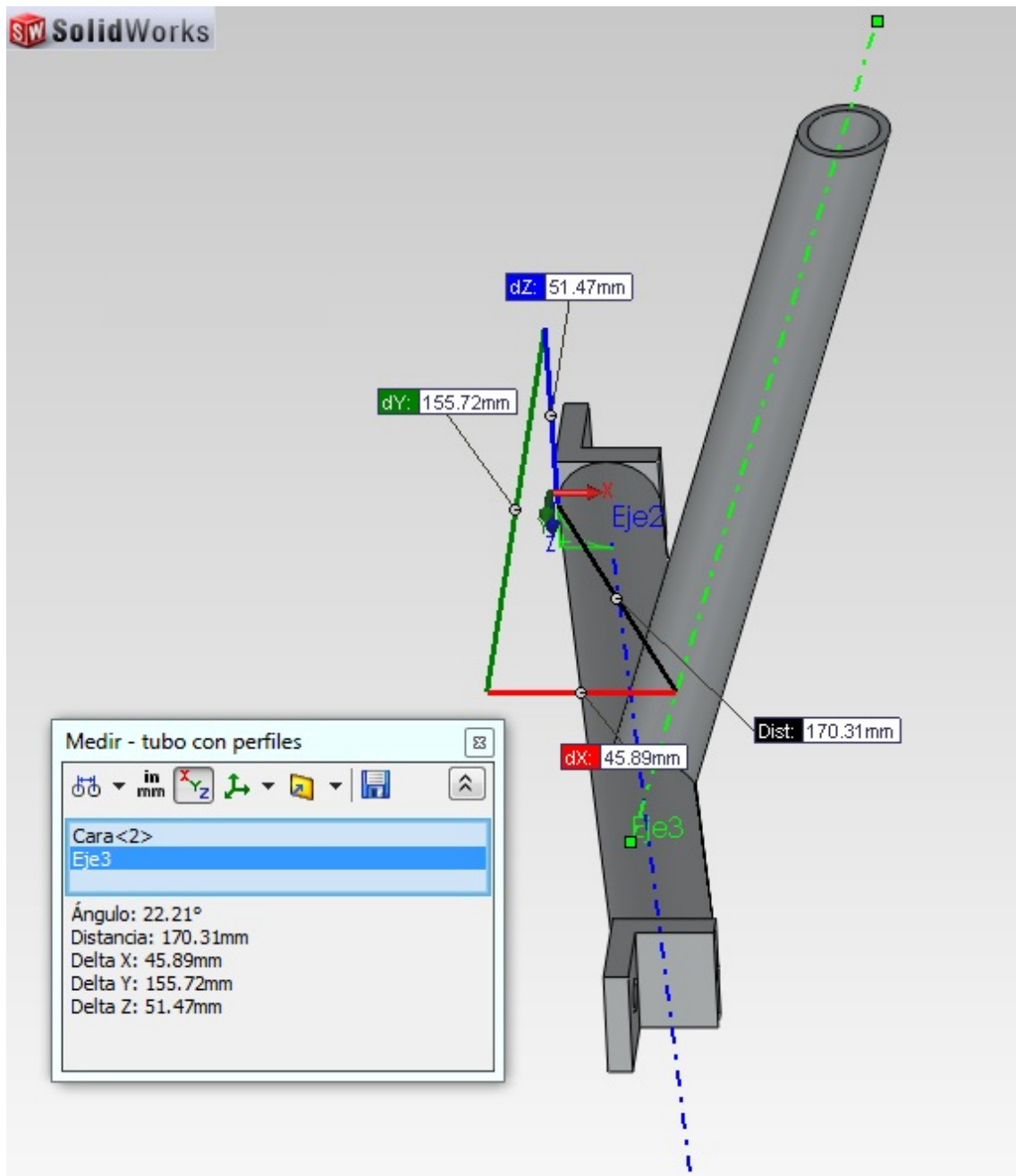
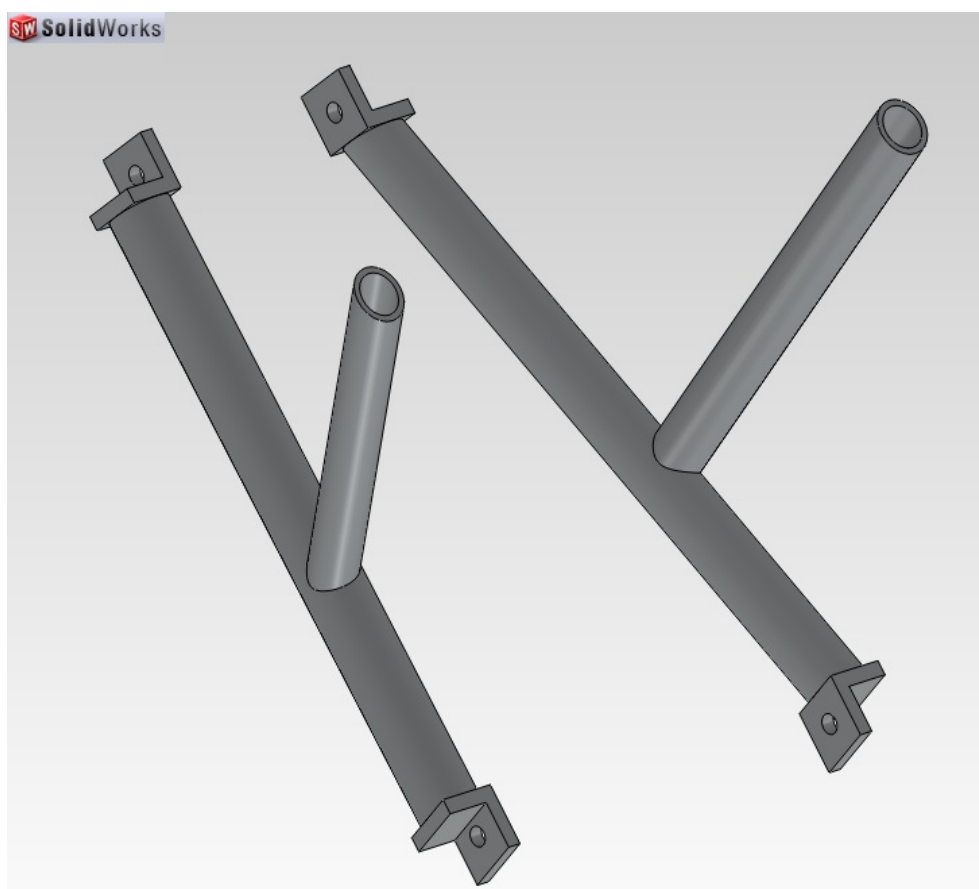
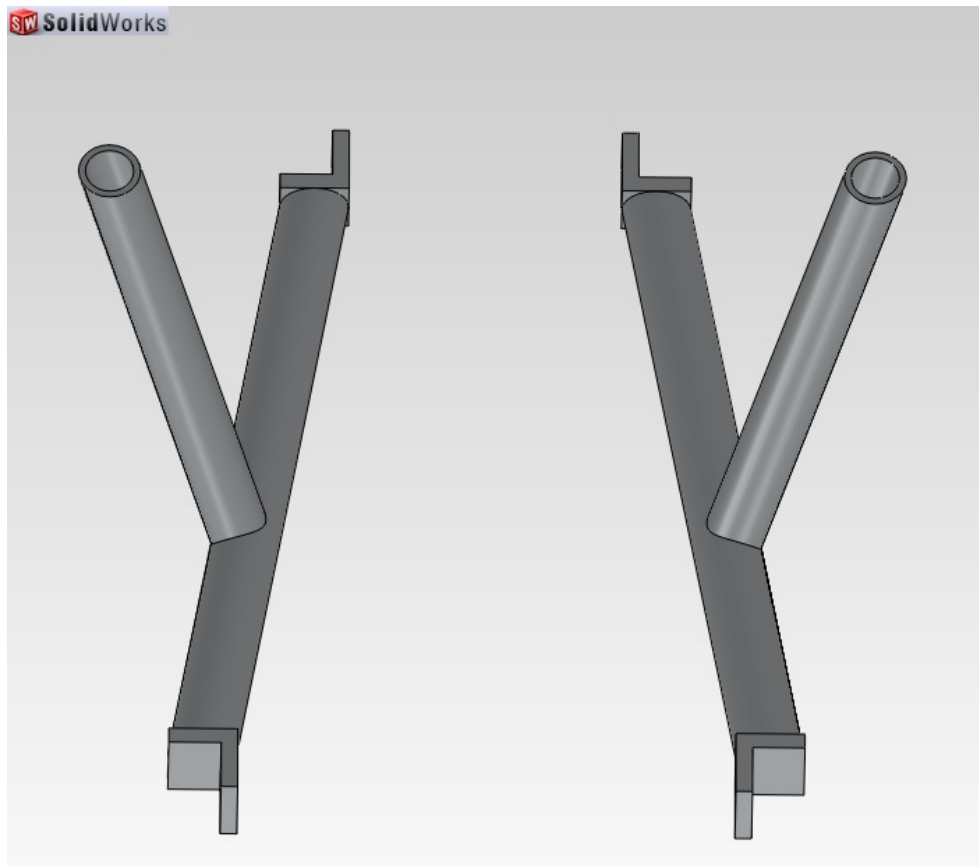


Figura 9.37b. Colocación de los tubos

Colocando los otros dos tubos de forma análoga y simétrica, se dará por finalizada la fabricación de la sujeción delantera del motor.



Figuras 9.38. Sujeción delantera del motor

9.5. Fabricación de la sujeción para la suspensión trasera

La fabricación de la sujeción para la suspensión trasera estará dividida en dos partes. Por un lado, el tubo y las pletinas que sujetarán el muelle por la zona superior, y por otro lado, el perfil en forma de T que sujetará el juego de bieletas por la parte inferior del muelle.

9.5.1. Parte superior

Se comenzará con la fabricación de la parte superior, para la cual se utilizará un tramo de tubo de 25 milímetros de diámetro y 2.5 milímetros de espesor. De esta manera se utiliza el tubo en stock del que ya se dispuso para la fabricación de la sujeción delantera del motor, siendo por tanto de aluminio 6063-T5.

Se deberá cortar un tramo de 209 milímetros de longitud, ya que la longitud entre las dos pletinas del chasis será de 205 milímetros. Esta distancia sumada a los orificios de 2 milímetros de profundidad que se le realizaron a cada pletina sumarán los 209 milímetros requeridos en el tubo.

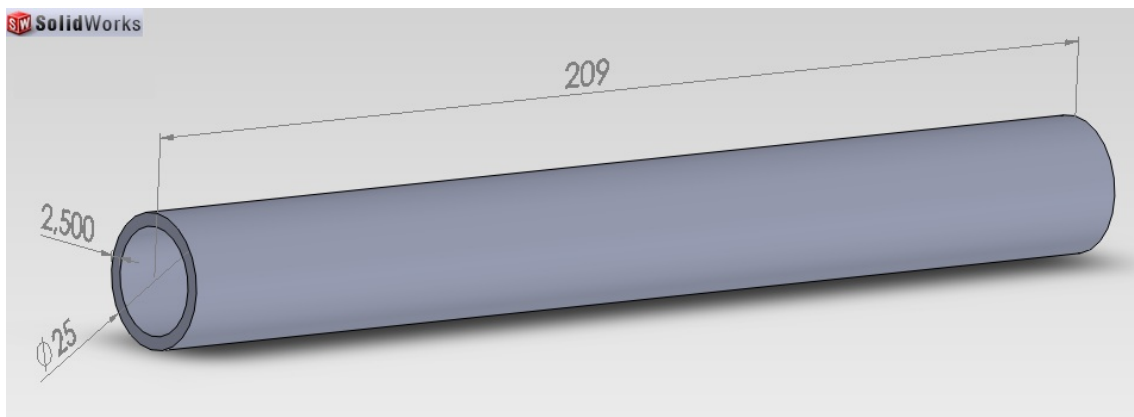


Figura 9.39. Corte de 209mm del tubo de $\phi 25$

Una vez se dispone del tubo se puede proceder a la fabricación de las pequeñas pletinas que irán soldadas a él. La primera operación será el mecanizado de una "L" a partir del bloque de aluminio 6082-T6. Dicha "L" se fresará según las cotas especificadas en el croquis.

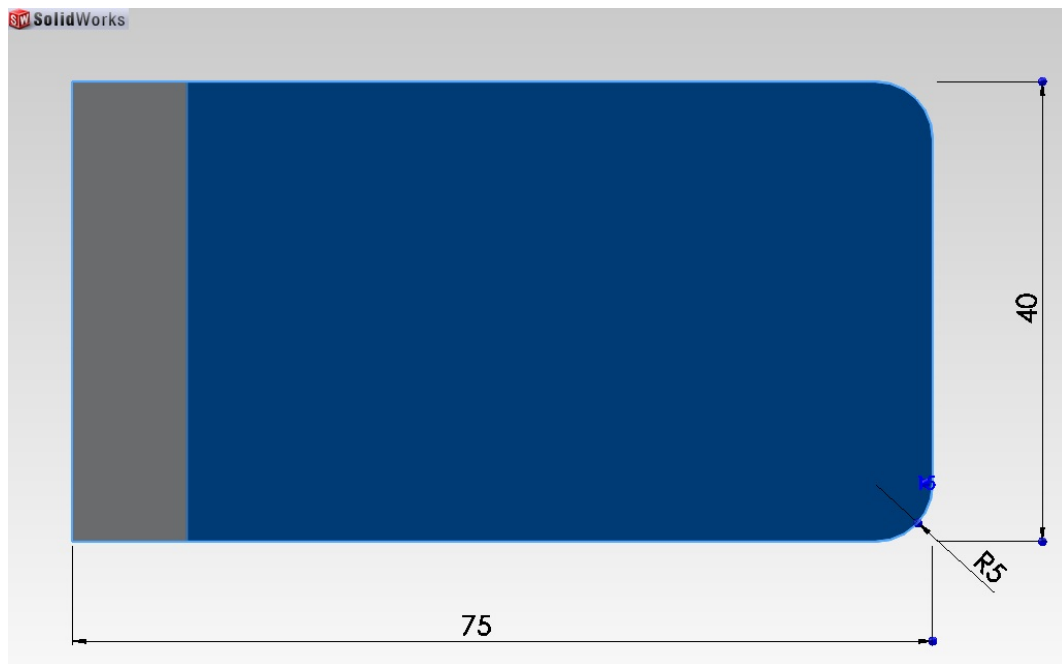


Figura 9.40a. Fresado de la "L". Alzado.



Figura 9.40b. Fresado de la "L". Planta

Una vez que se le ha dado la forma de "L" a la pletina, se le realizará en el lateral un corte circular con un radio de 12.5 milímetros, de forma que encaje con el tubo de 25 milímetros de diámetro. EL corte se hará a una altura de 20 milímetros, quedando así centrado.

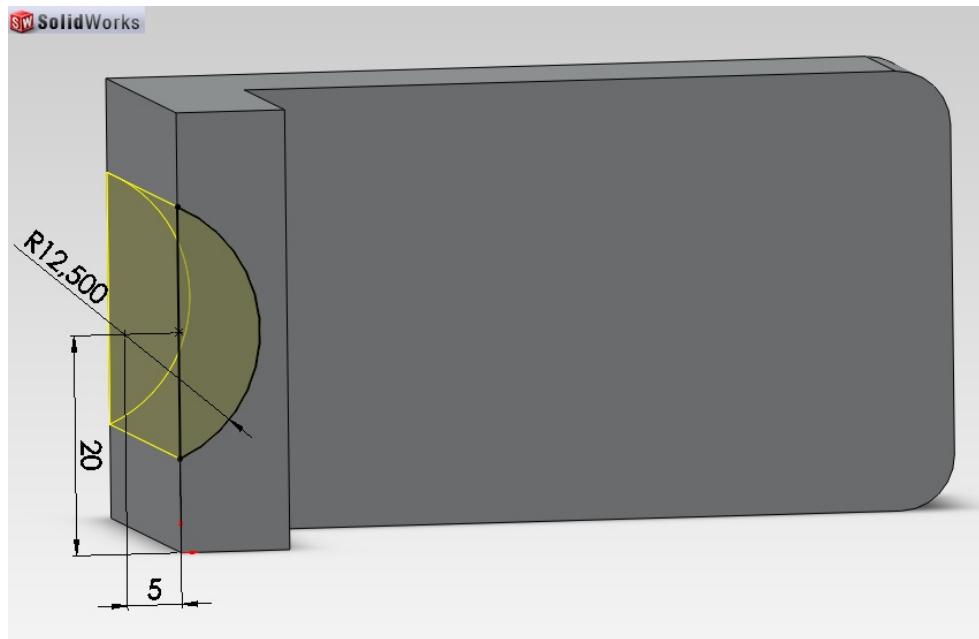


Figura 9.41. Corte circular en el lateral de la pletina

Seguidamente se taladrará el orificio a través del cual se sujetará la parte superior del muelle trasero. Dicho orificio estará a 40 milímetros de la cara plana, a 20 milímetros de altura y tendrá un diámetro de 10 milímetros.

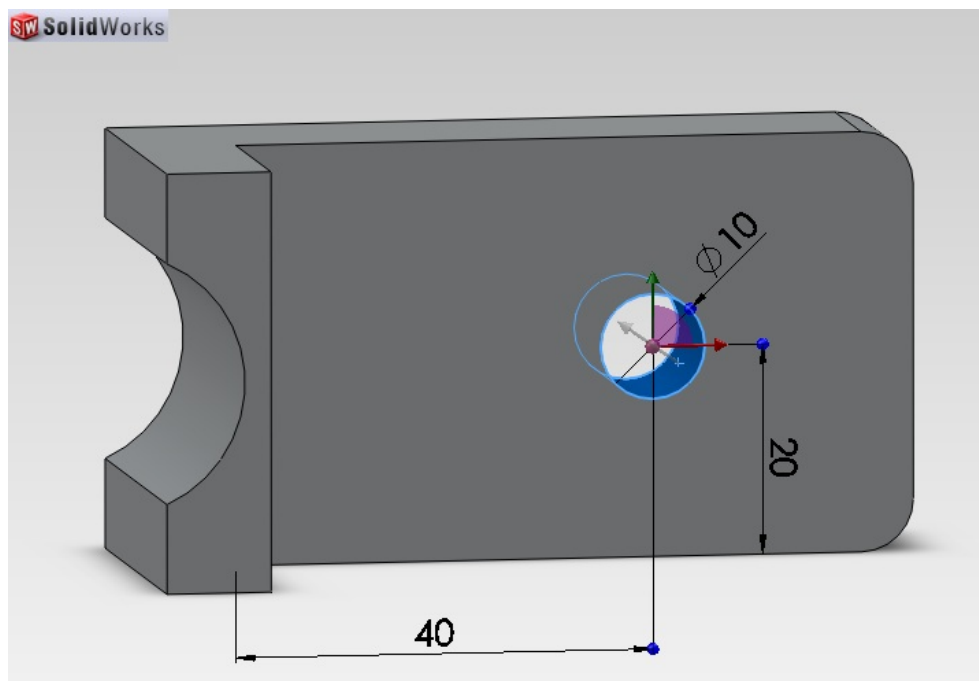


Figura 9.42. Orificio pasante

El siguiente paso será el de recortar las esquinas opuestas a la cara plana, tanto la izquierda como la derecha, con el fin de aligerar peso. Para ello se realizarán dos cortes en diagonal, de 15x15 milímetros, tal como se muestra en el croquis.

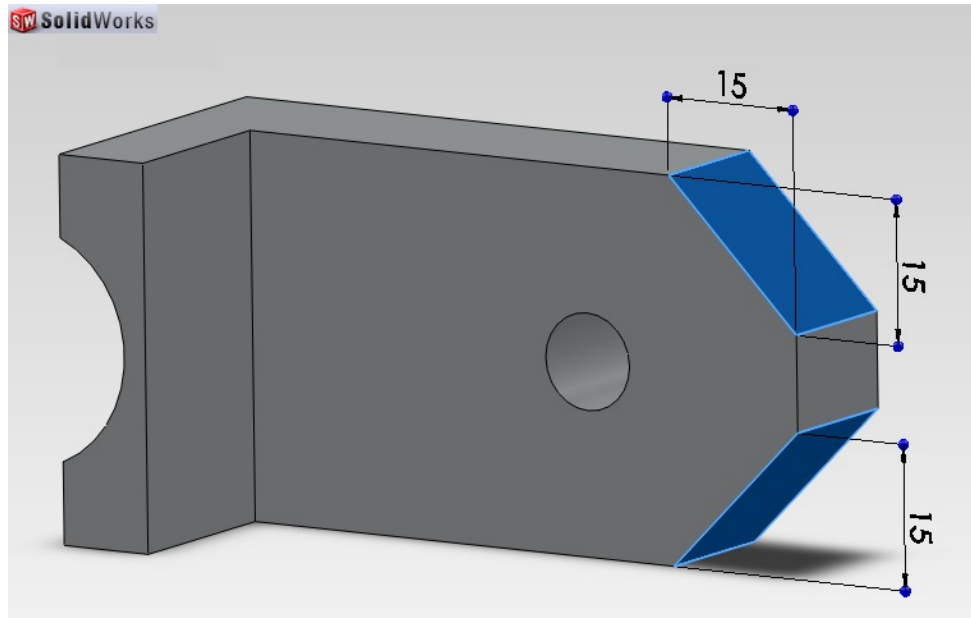


Figura 9.43. Cortes diagonales 15x15

La última operación consistirá en el redondeo de las aristas vivas, es decir, las de los cortes diagonales y la de la cara plana. Ambos redondeos se realizarán con un radio de 8 milímetros.

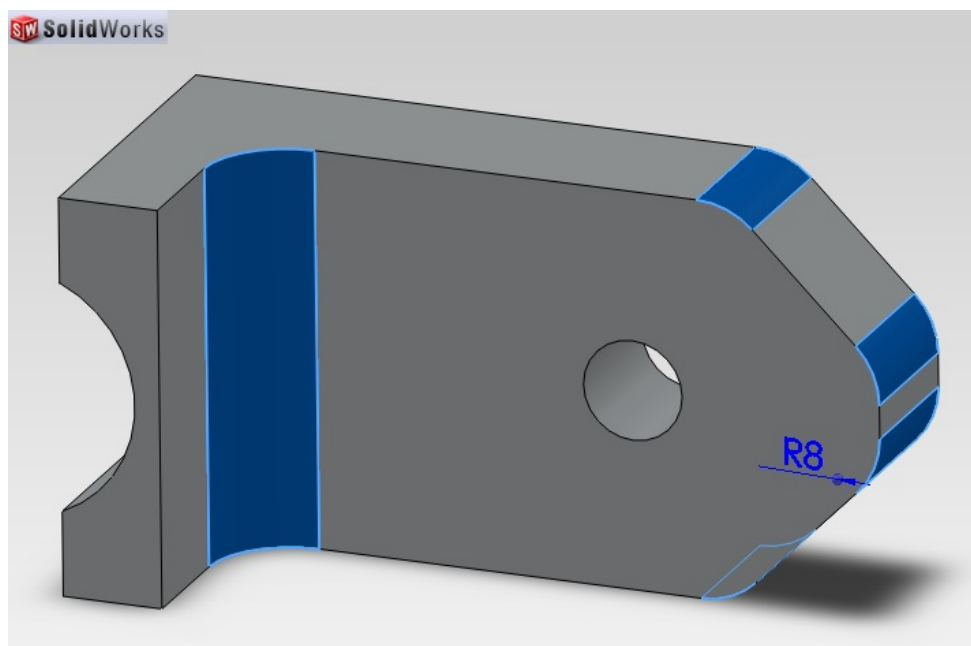


Figura 9.44. Redondeos

Realizando todas estas operaciones de forma análoga y simétrica, se conseguirá la fabricación de otra "L" que, junto con ésta, se soldarán al tubo de 25 para formar la parte superior de la sujeción del muelle trasero.

Las dos "L" se colocarán centradas en el tubo y con una separación entre ambas de 25 milímetros, de manera que quedará una distancia de 57 milímetros desde éstas hasta el extremo del tubo, el cual irá encajado entre las pletinas.

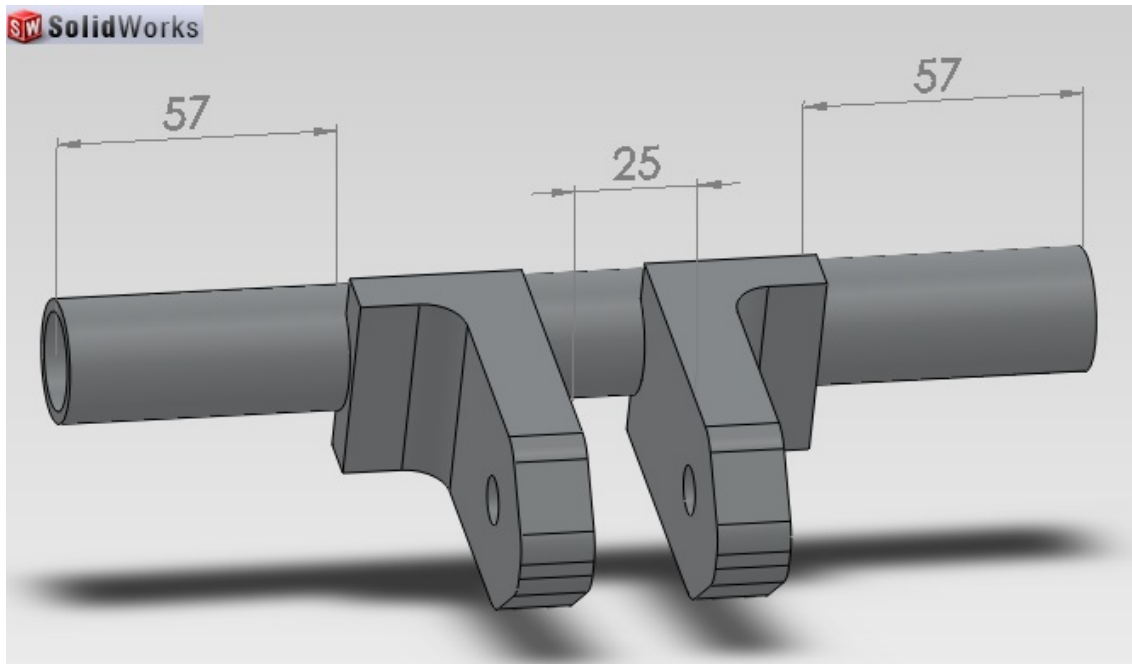


Figura 9.45. Colocación de las "L" en el tubo

9.5.2. Parte inferior

Una vez fabricada la parte superior para la sujeción de la suspensión trasera se dará paso a la fabricación de la parte inferior. Este proceso será más sencillo que el anterior, debido a la relativa simplicidad del diseño.

Para ello se volverá a partir del bloque de aluminio 6082-T6, el cual será mecanizado de manera que se obtenga un perfil en "T", con uno de los lados mucho más largo que el otro.

La cara horizontal de la "T" tendrá forma rectangular, con unas dimensiones de 245x40 milímetros y un espesor de 15mm. Mientras que la cara vertical estará dividida en dos pletinas de 15mm de espesor y separadas 20mm.

Para un mejor entendimiento se adjuntan los croquis, en los cuales se pueden apreciar la totalidad de las cotas necesarias para su fabricación.

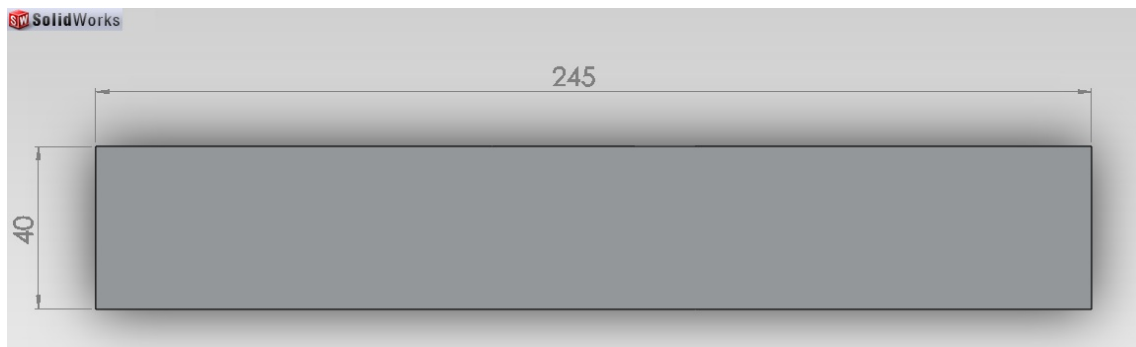


Figura 9.46a. Perfil en T. Planta

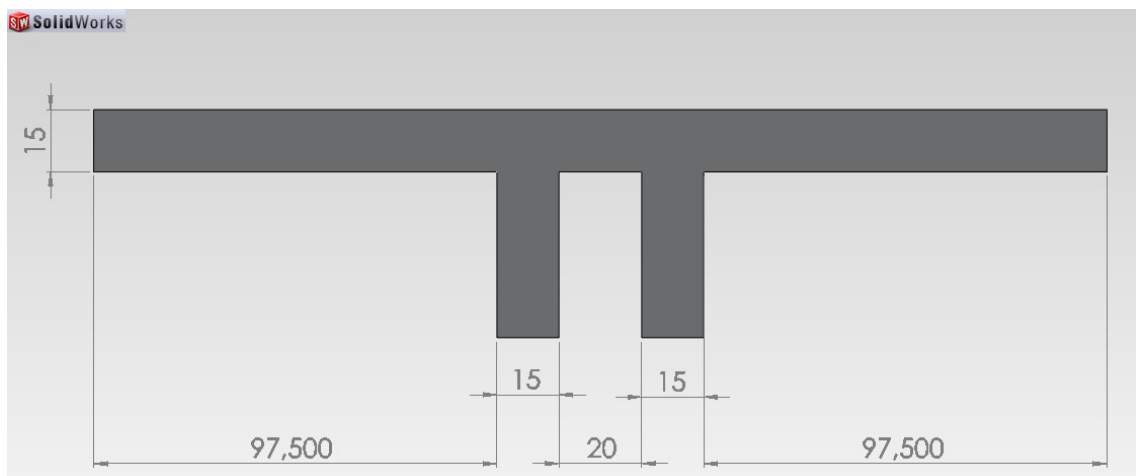


Figura 9.46b. Perfil en T. Alzado

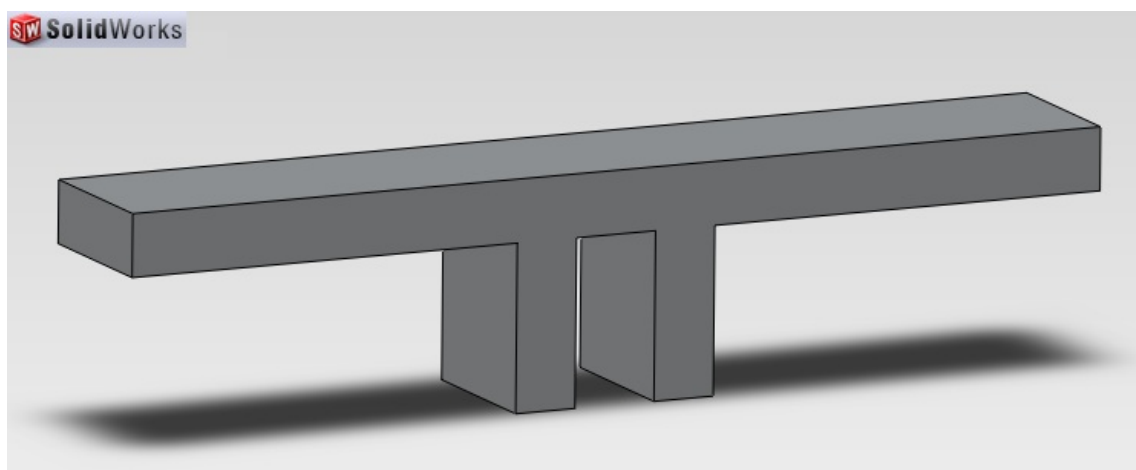


Figura 9.46c. Perfil en T. Isométrica

Tras realizar el mecanizado para conseguir este perfil en forma de "T", tan solo quedará la realización de dos orificios en las caras verticales. Dichos orificios serán los encargados de unirse al sistema de bieletas que sujetará el muelle por debajo y permitirá el juego de la suspensión.

Estos orificios estarán centrados en las caras y tendrán un diámetro de 10 milímetros.

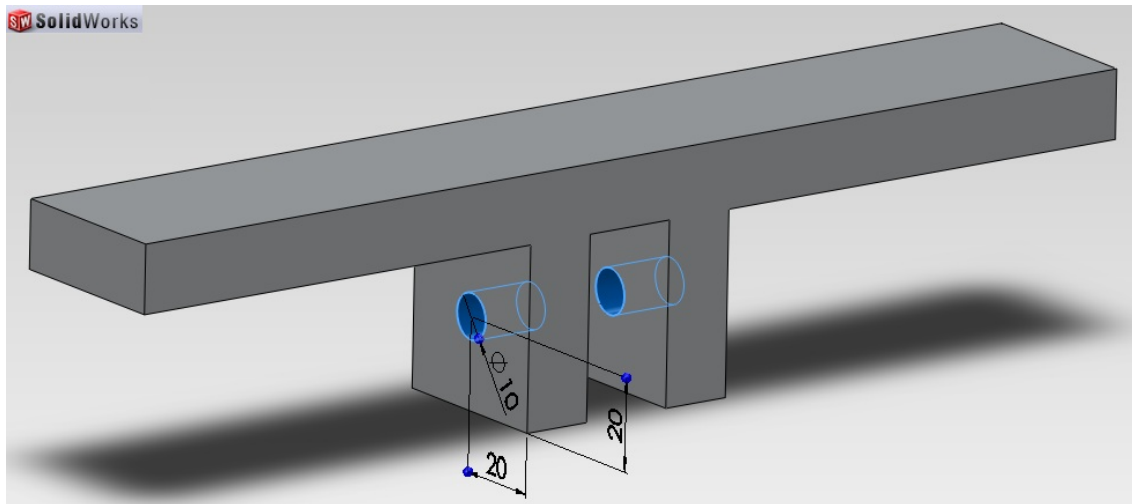


Figura 9.47. Orificios en las caras

Tras esto se dará por concluida la fabricación de la parte inferior de la sujeción para la suspensión trasera, pudiendo ensamblarse con el chasis, concretamente soldándose con la parte inferior de las pletinas.

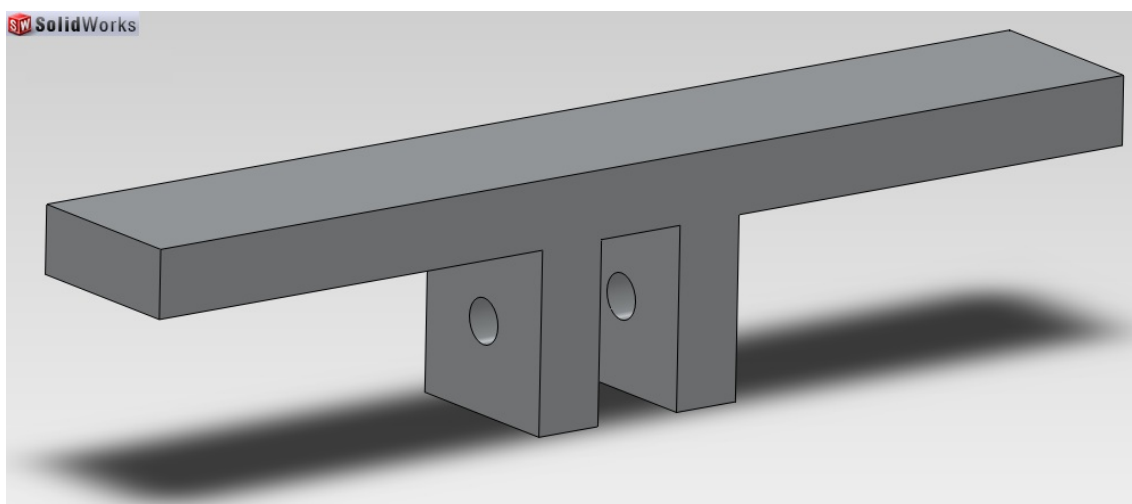


Figura 9.48. Parte inferior de la sujeción para la suspensión trasera

9.6. Soldadura

Una vez que se tienen fabricados todos y cada uno de los componentes del chasis se está en disposición de comenzar el ensamblaje de éstos. Dicho ensamblaje se realizará mediante soldadura. Para esta soldadura hará falta seguir una serie de procedimientos y conocer todos los conceptos que engloban a dicha soldadura.

Todo el proceso de soldadura se realizará mediante soldadura TIG. La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión.

Tanto el método de soldadura a utilizar como las preparaciones previas necesarias se describirán detenidamente en el **Anexo 3: Soldadura**.

La soldadura de todos estos componentes realizará siguiente un determinado orden de operación, el cual será descrito en este capítulo. Por otro lado, será necesaria la construcción de un potro de soldadura. Este potro de soldadura será el encargado de soportar los componentes, así como de impedir que las tensiones generadas durante la soldadura provoquen la deformación de la estructura final del chasis.

9.6.1. Potro de soldadura

La idea que guió todo el proceso de construcción del potro de soldadura fue la de poder sujetar el chasis por dos puntos: la pipa de dirección y las pletinas. En realidad, dicho potro también se construiría con la idea de poder sujetar y soldar el basculante, por lo que existirá otro punto de sujeción. Sin embargo, tan solo se mencionará la parte relacionada con el presente proyecto.

Es por ello que el diseño que se decidió llevar a cabo estaba constituido por una base desde la cual sobresalían dos ejes, uno en la zona delantera y otro en la trasera, este último unido a su vez a otro eje perpendicular.

La base estará formada por dos perfiles en U de 200x120 milímetros unidos por dos tubos de 40 milímetros de diámetro. Los dos perfiles en U no estarán totalmente unidos, sino que estarán separados 30 milímetros. Esta separación estará destinada a la ubicación de los ejes.

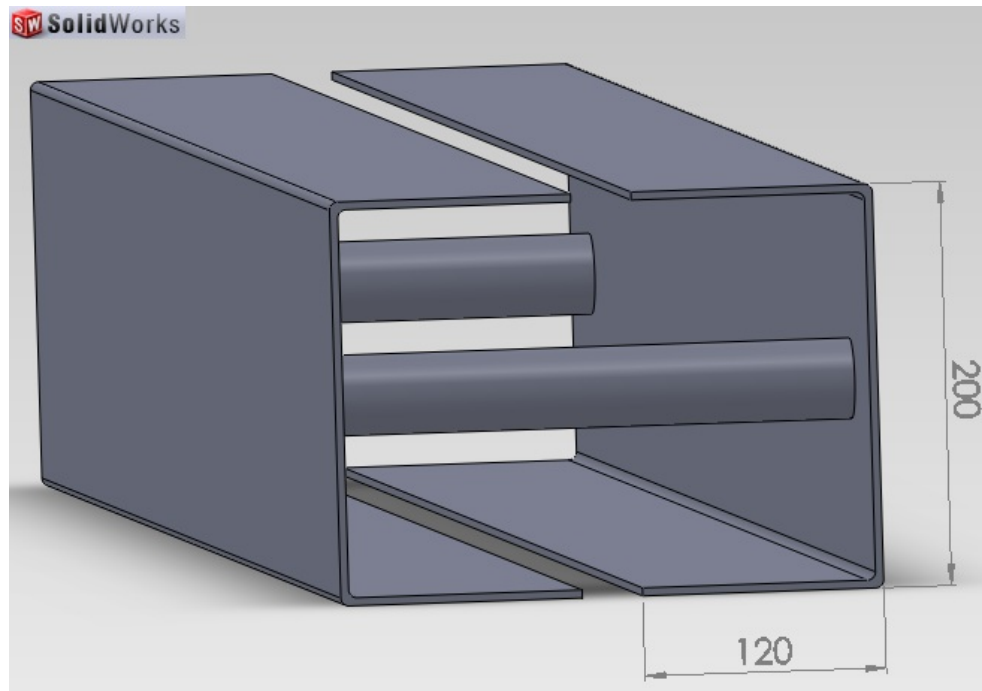
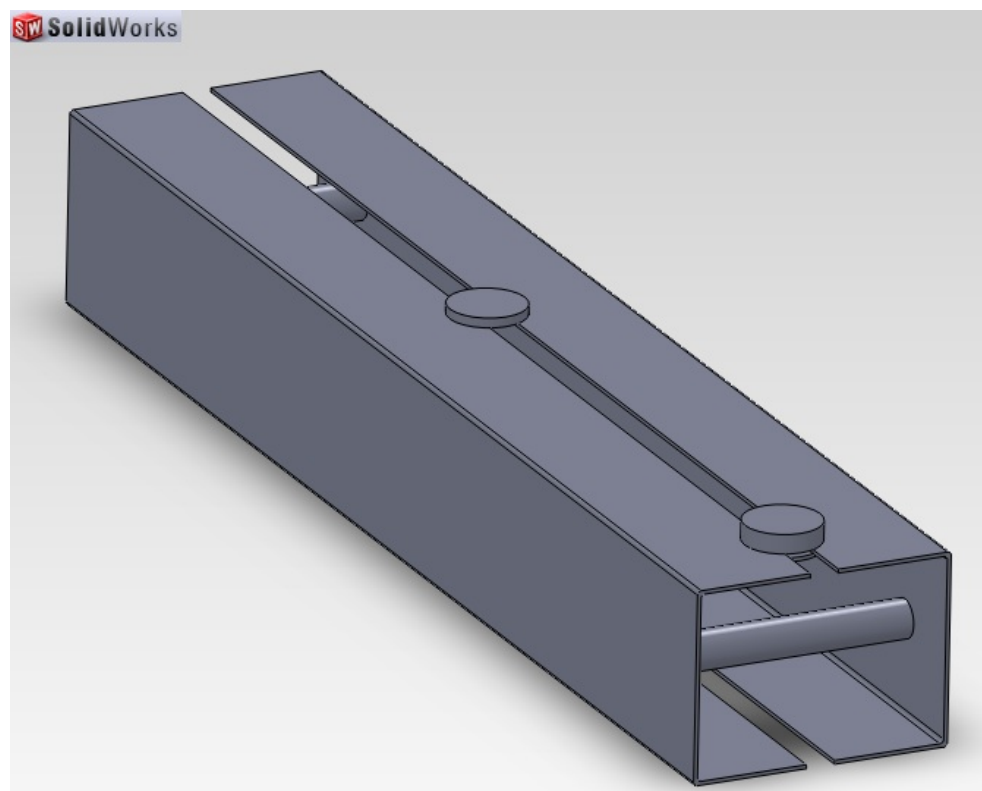
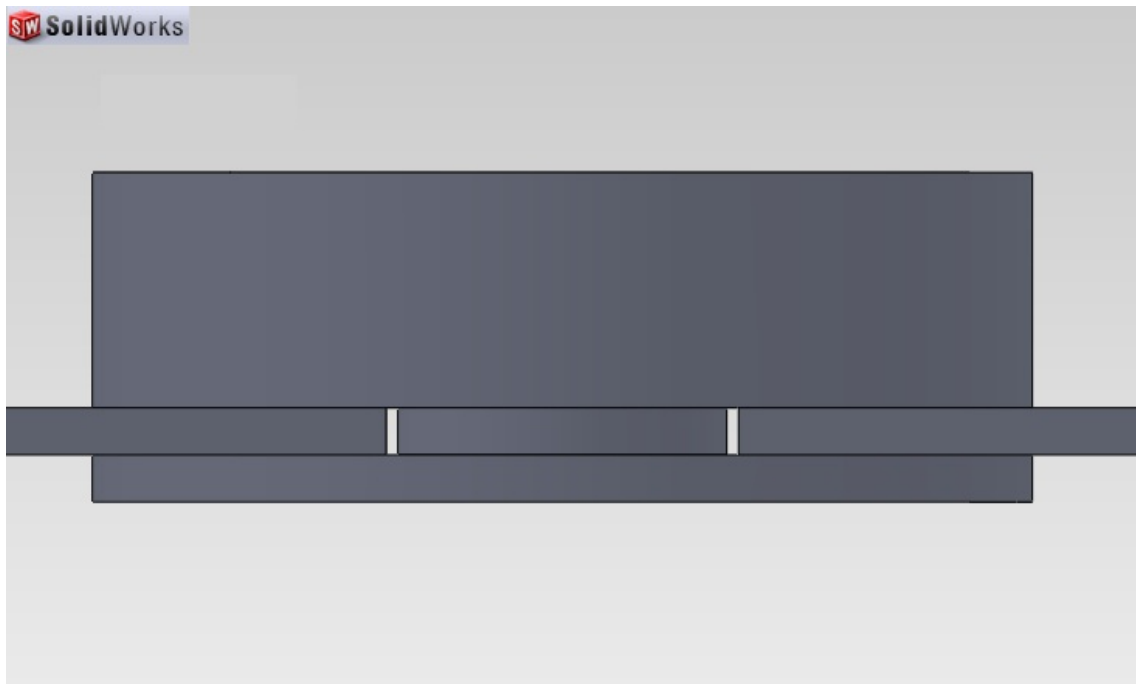


Figura 9.49. Base del potro de soldadura

A dicha base se le unirán dos redondos de 80 milímetros de diámetro, situados uno en la parte delantera y otro en la parte intermedia. Estos redondos estarán situados por encima y por debajo de la separación entre los perfiles en U, con el fin de que permanezcan totalmente inmóviles.





Figuras 9.50. Redondos del potro de soldadura. Vista isométrica y detalle

Posteriormente se soldará el eje destinado a sujetar la pipa de dirección con el redondo delantero. Dicho eje será de 28 milímetros de diámetro y tendrá una longitud de 350 milímetros. A una distancia de 170 milímetros desde el extremo superior del eje se colocará otro redondo, en el cual se apoyará la pipa de dirección.

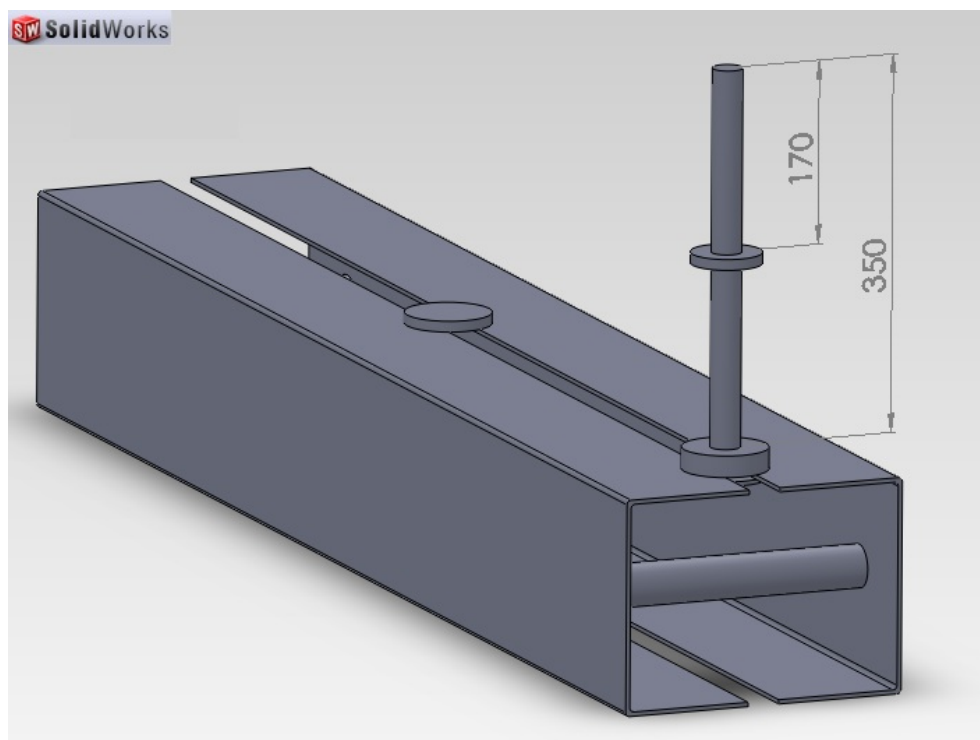


Figura 9.51. Eje para la pipa de dirección

El siguiente paso será soldar los ejes que sujetarán las dos pletinas. Para ello se colocará un tubo de 117.485 milímetros de longitud y 28 milímetros de diámetro soldado al redondo trasero. En el extremo de este tubo se soldará perpendicularmente un redondo de 50 milímetros de diámetro y 70 milímetros de longitud, a través del cual pasará el eje de 275 milímetros de longitud que sujetará las pletinas.

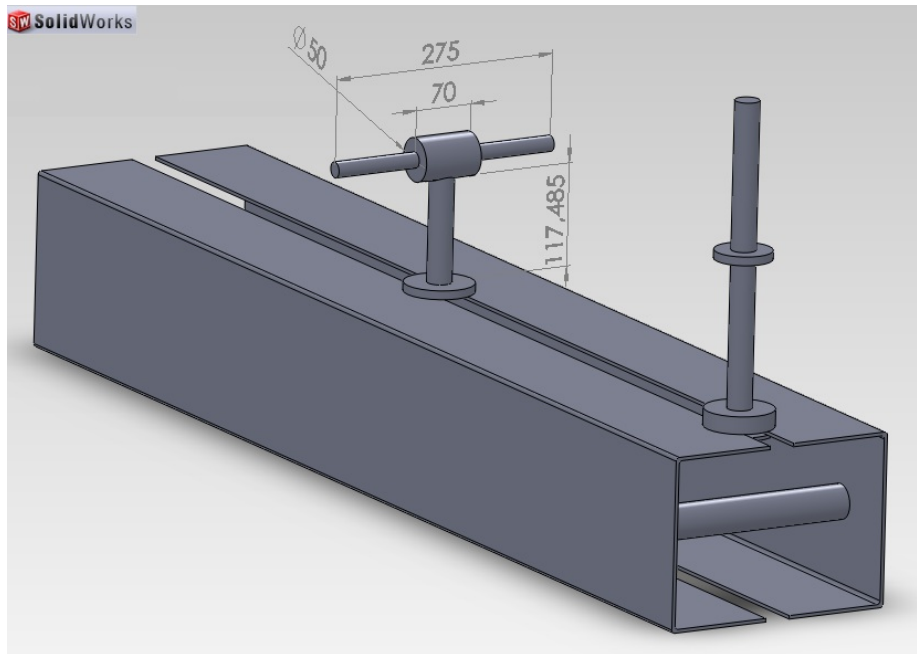


Figura 9.52. Ejes para las pletinas

Por último, se colocará el otro eje que se encargará de sujetar el basculante durante su soldadura, quedando finalmente el potro de soldadura con el siguiente aspecto.

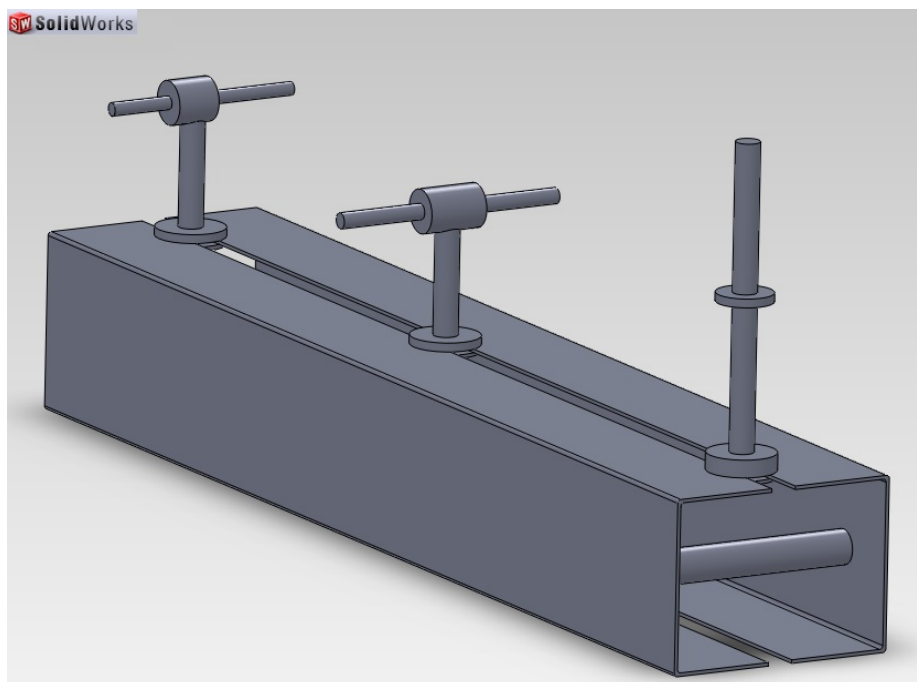


Figura 9.53. Potro de soldadura

9.6.2. Orden de soldadura

La primera soldadura que se llevará a cabo será la de los perfiles de las vigas. Dicha soldadura se realizará uniendo los dos perfiles, tal y como se especifica en capítulos anteriores, y creando un cordón de soldadura en toda la longitud de esta unión. Esto dará lugar a la formación de las vigas.



Figura 9.54. Soldadura de las vigas

Una vez que se tienen las vigas soldadas y preparadas se procederá a soldar dichas vigas con la pipa de dirección. Para ello, primeramente se sujetará la pipa al potro de soldadura. Se introducirá la pipa de dirección por el eje delantero del potro hasta que apoye en el redondo. Una vez apoyada se fijará por arriba mediante una rosca.

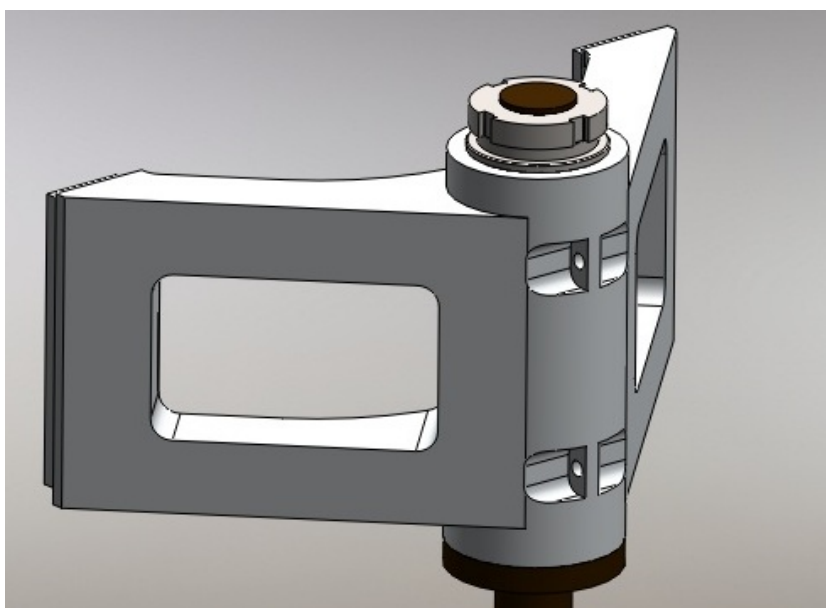


Figura 9.55. Colocación de la pipa en el potro

Tras fijar la pipa de dirección al potro de soldadura, se procederá a ensamblar las vigas con ésta. Para ello, durante la etapa de diseño, se dotó a la pipa de unas caras salientes, las cuales encajan en el interior de las vigas, facilitando la soldadura.

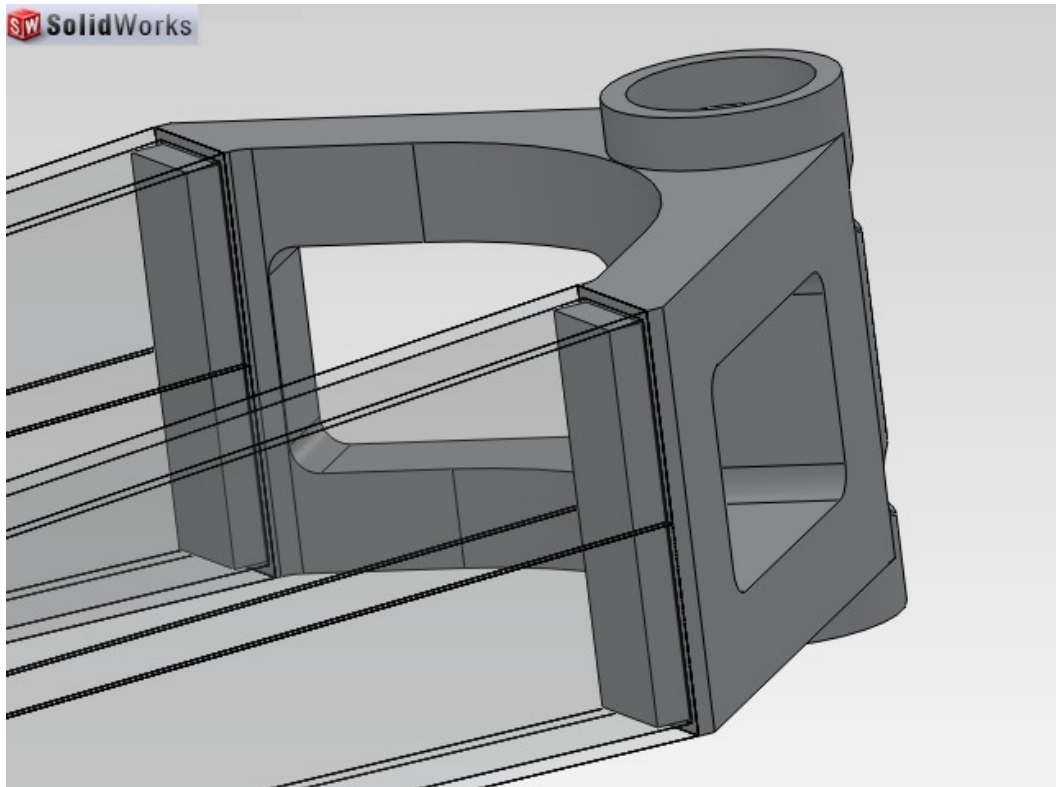


Figura 9.56. Detalle de la unión pipa-vigas

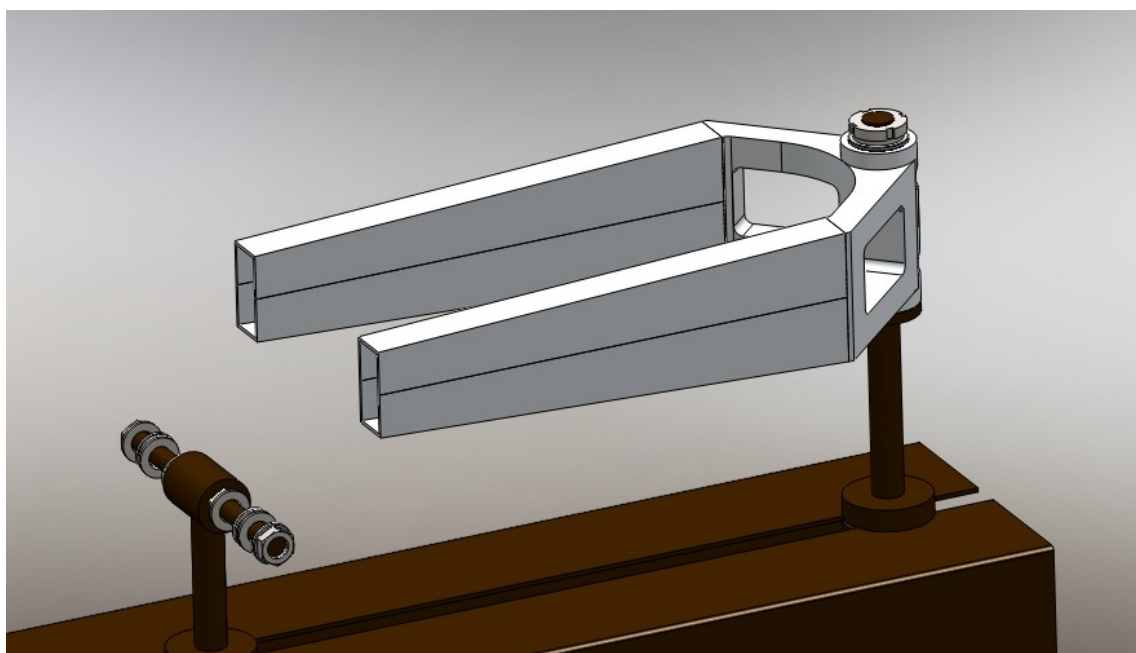


Figura 9.57. Soldadura de la pipa con las vigas

La soldadura se prolongará alrededor de toda esta unión, creando un cordón a través de toda la sección rectangular. El aspecto de dicho cordón tras finalizar esta soldadura será el siguiente.



Figura 9.58. Detalle del cordón de soldadura que une una pipa y vigas

El siguiente paso será preparar las pletinas para su ensamblaje con las vigas. Sin embargo, primero se deberá soldar entre ellas el tubo que formará parte de la sujeción de la suspensión trasera.

Para ello se colocarán las pletinas en el potro de soldadura, concretamente en los ejes situados en la parte trasera. El eje horizontal pasará a través del orificio destinado a la sujeción del motor en ambas pletinas, colocando posteriormente una rosca. Antes de fijar las pletinas mediante las roscas se colocará el tubo en medio de ambas, encajándose en los orificios mecanizados para ello. Dicho tubo se posicionará de forma que las bieletas soldadas en él queden paralelas a la superficie superior de las pletinas.

Para preparar esta unión se le realizó un orificio de 2mm de profundidad a las dos pletinas, con el fin de que el tubo encaje y no se mueva durante la soldadura. El cordón rodeará toda la superficie del tubo en contacto con los orificios de las pletinas.

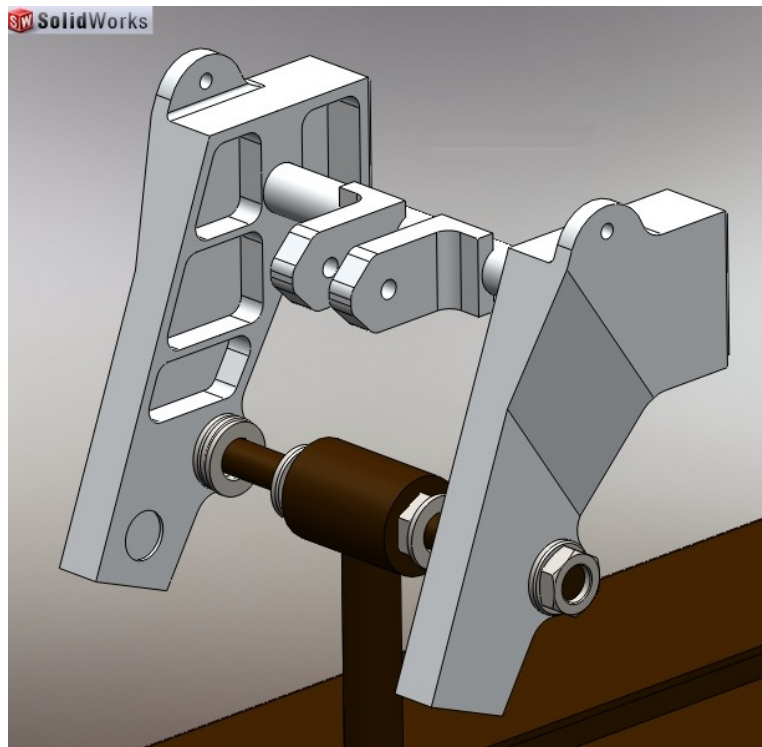


Figura 9.59. Soldadura del tubo con las pletinas



Figura 9.60. Detalle del cordón de soldadura que une tubo y pletinas

Una vez que se tiene fijado el tubo entre las dos pletinas, éstas estarán listas para su ensamblaje con las vigas. El procedimiento será análogo al de la unión entre pipa de dirección y vigas. Las caras salientes de las pletinas encajarán en el interior de las vigas, quedando fijadas para mayor seguridad y facilidad durante la soldadura.

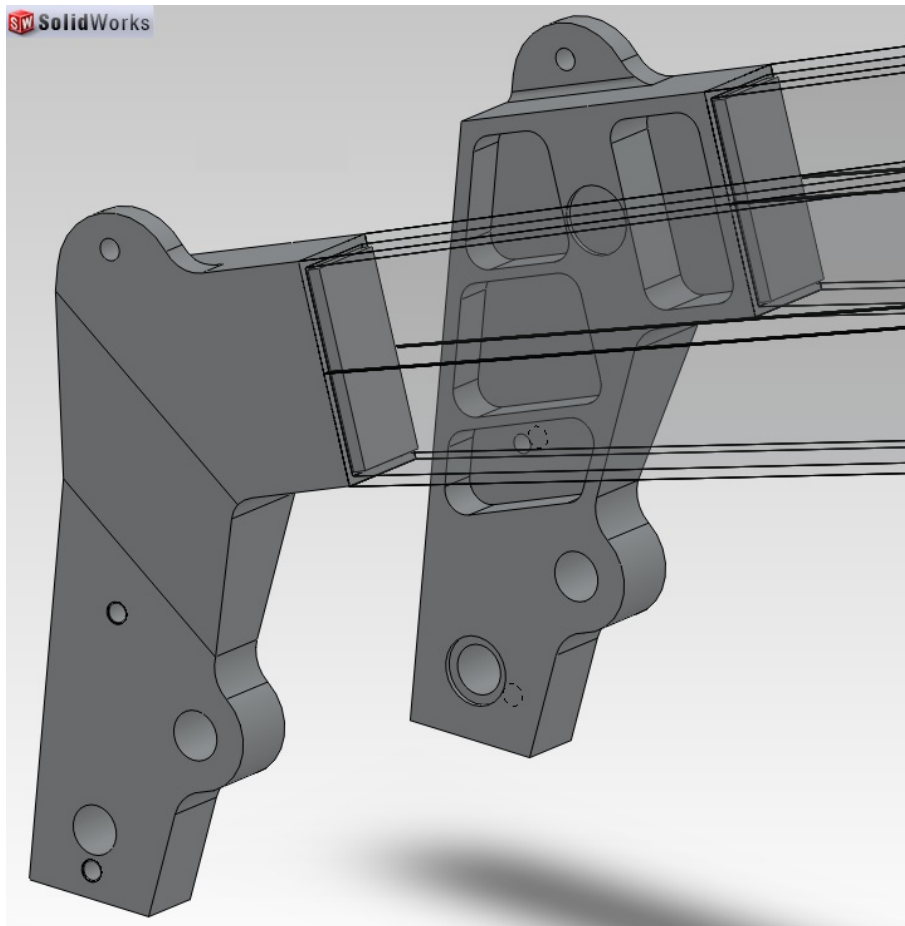


Figura 9.61. Detalle de la unión pletinas-vigas

Las pletinas ya se encuentran fijadas en el potro, debido a que se han soldado con el tubo. Por lo tanto, se deberá volver a fijar la pipa de dirección, ya soldada con las vigas, al eje delantero del potro de soldadura. De esta manera, las caras salientes de las pletinas se introducirán en el interior de las vigas y se podrá proceder a su soldadura.

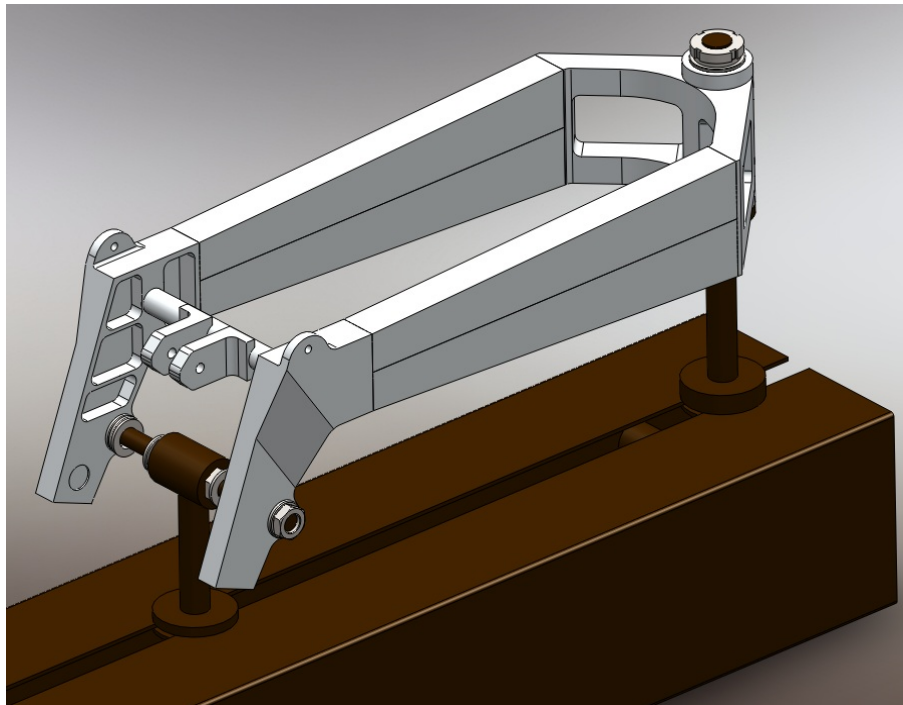


Figura 9.62. Soldadura de las pletinas con las vigas

El cordón de soldadura será análogo al generado durante la soldadura de la pipa y las vigas, aunque en este caso la sección rectangular barrida será menor. El aspecto de dicho cordón tras su realización será el siguiente.



Figura 9.62. Detalle del cordón de soldadura que une pletinas y vigas

Tras soldar las pletinas a las vigas, se está en disposición de poder ensamblar el perfil rectangular que constituirá la parte inferior de la sujeción para la suspensión trasera. Dicho perfil irá soldado a la zona inferior de las pletinas.

La colocación será de tal forma que las dos caras coincidan, tanto la del perfil rectangular como la de las pletinas.

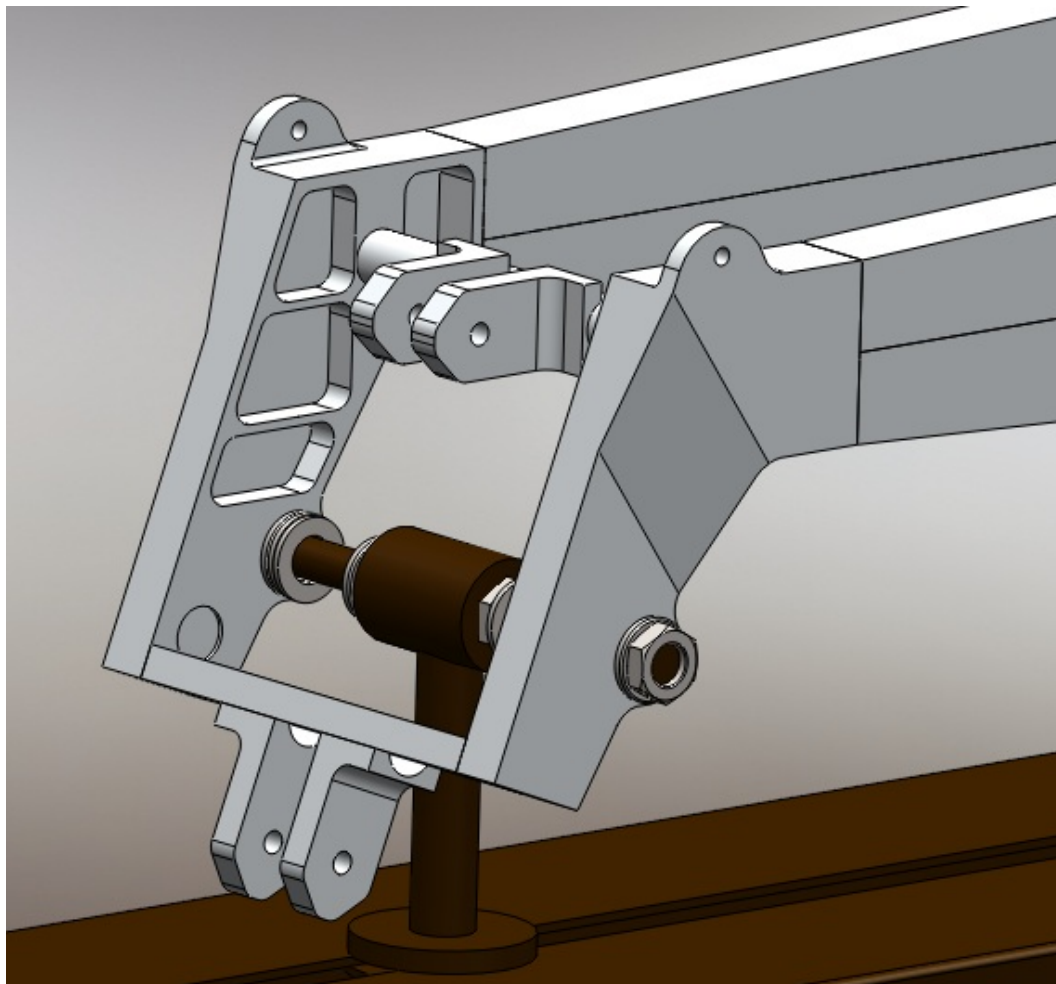


Figura 9.63. Soldadura del perfil y las pletinas

La sujeción delantera para el motor irá unida mediante uniones roscadas, por lo que no será necesaria su soldadura, sino que se ensamblará manualmente.

Tras finalizar la soldadura de todos los componentes, se podrá dar por concluido el proceso de fabricación del chasis, estando éste listo para su ensamblaje con el resto de componentes de la motocicleta.

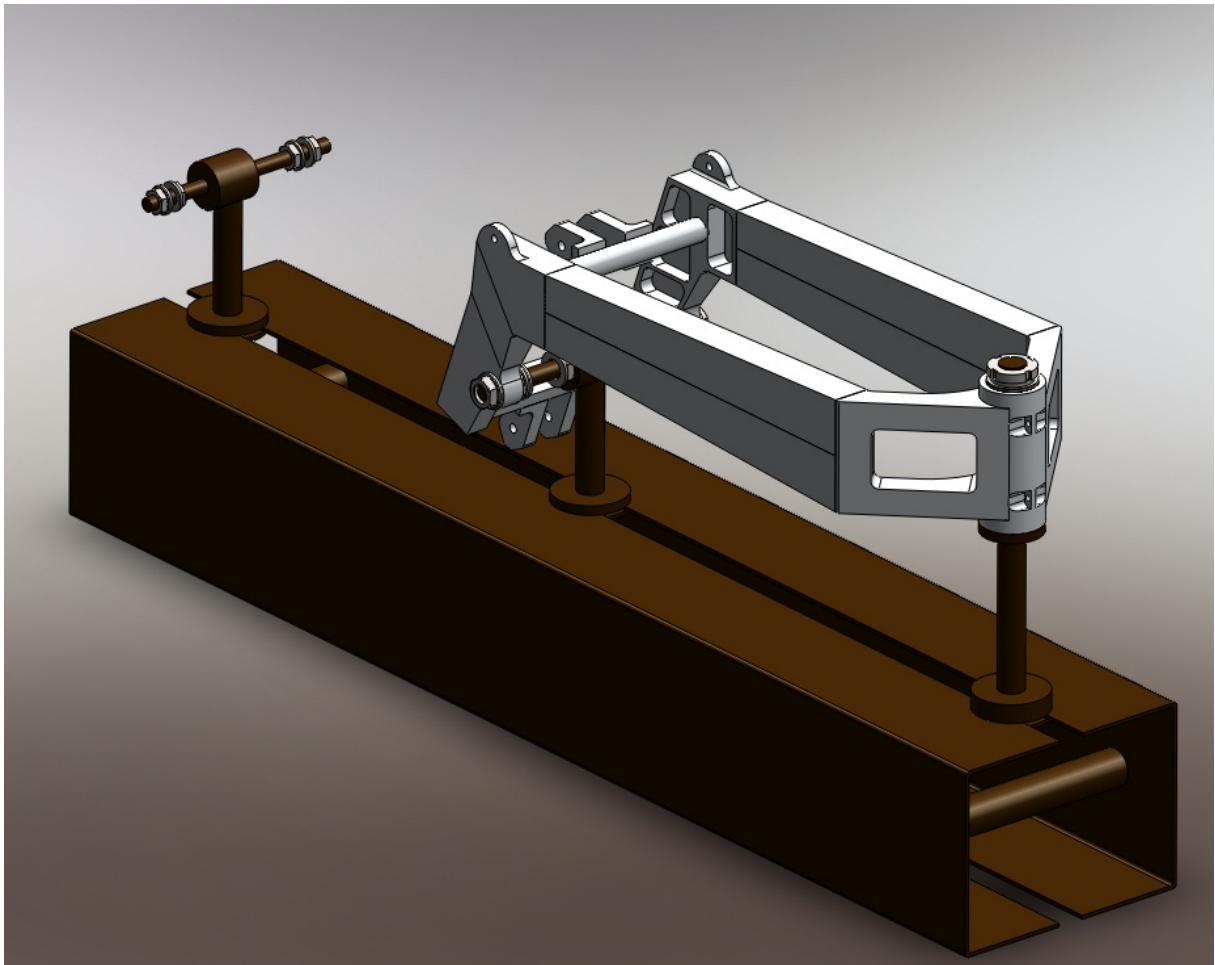


Figura 9.64. Chasis finalizado en el potro de soldadura

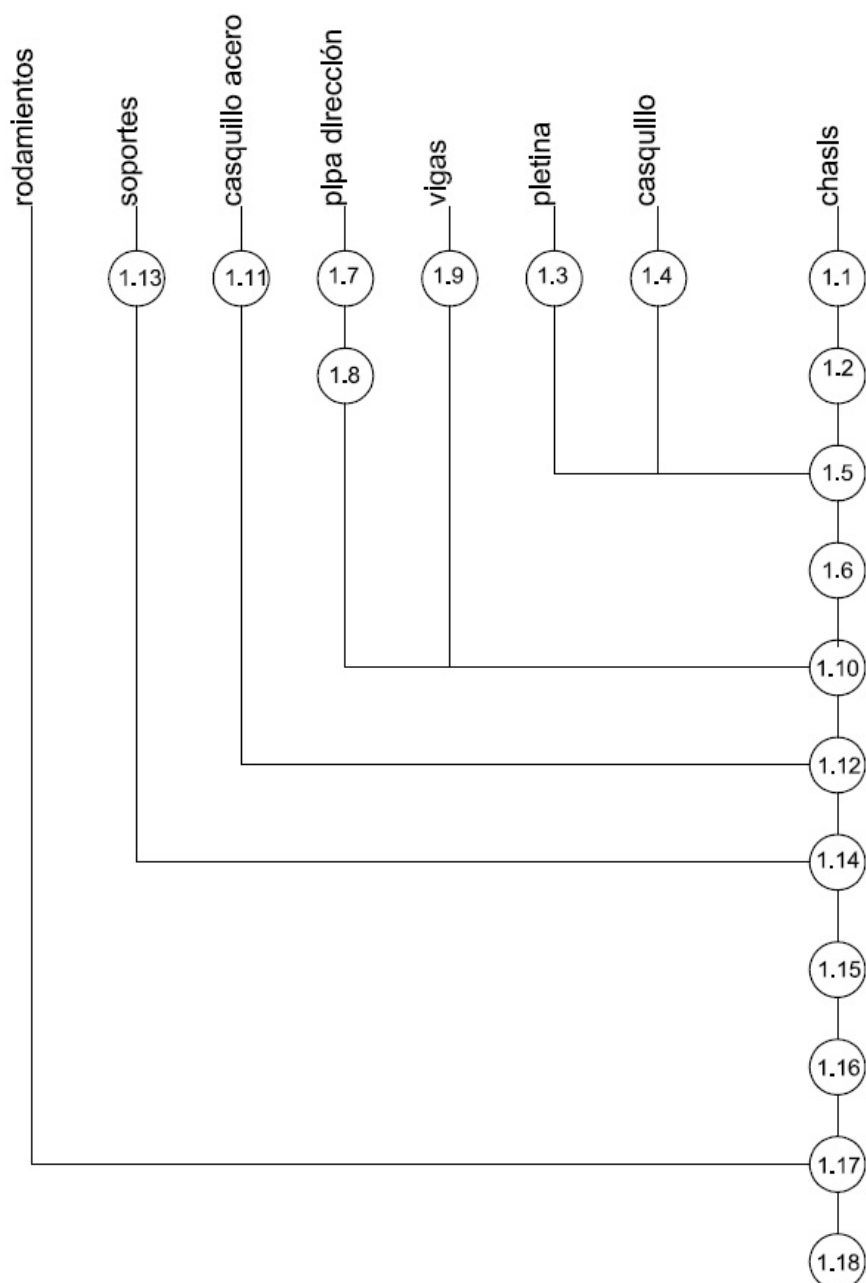




Figuras 9.65. Chasis finalizado

9.7. Cursograma de fabricación

Para un mejor entendimiento de todo el orden en el proceso de fabricación del chasis, se ha plasmado dicho proceso en un cursograma. En él se reflejan todos los mecanizados de piezas y su posterior ensamblaje mediante soldadura. Todo ello en el orden cronológico en el que se realizaron.



Nº de Operación	Descripción	Nº de Operación	Descripción
1.1	Mediciones potro	1.10	Montaje
1.2	Montaje potro	1.11	Montaje casquillos para evitar deformaciones en pípa
1.3	Mecanizado	1.12	Soldadura (conjunto pípa, pletina, vigas)
1.4	Mecanizado	1.13	Mecanizado
1.5	Montaje	1.14	Montaje
1.6	Soldadura	1.15	Soldadura
1.7	Mecanizado	1.16	Retirada de casquillos en pípa
1.8	Montaje	1.17	Montaje
1.9	Corte	1.18	Taladros y roscado del conjunto

Figura 9.66. Cursograma de la fabricación del chasis

10. COSTE DE LA FABRICACIÓN

A pesar de que el objetivo del presente proyecto no es el estudio económico del prototipo, se realizará una evaluación para poder determinar con más o menos exactitud el coste total de fabricar dicho prototipo.

En este estudio se tendrá en cuenta el precio de toda la materia prima, en este caso aluminio, incluyendo el coste de la mano de obra para el mecanizado de las piezas. Por otro lado se considerará el coste de la soldadura, incluyendo la mano de obra.

El principal inconveniente a la hora de determinar el coste final será que tanto los perfiles rectangulares, los tubos o los bloques macizos fueron encargados al proveedor teniendo en cuenta las cantidades necesarias para fabricar la totalidad de la motocicleta.

Es por ello que se deberá especificar qué longitud de perfil rectangular y tubo, y qué dimensiones de bloque macizo se utilizarán exclusivamente para la fabricación del chasis. Tras esto, se deberá sumar el coste de los mecanizados, anteriormente acordado con las empresas responsables, en este caso "Rectificados Levante" y "Tamar", y de la soldadura.

10.1. Coste de los componentes

Como ya se ha mencionado, la materia prima que aparece en las facturas corresponde a la necesaria para fabricar tanto el chasis como otros componentes de la motocicleta, tales como basculante, subchasis, anclajes para los frenos, etc.

Por tanto, primeramente se deberá observar qué cantidad de esta materia prima será utilizada para la fabricación del chasis. Esta operación resultará sencilla si se observa el capítulo de diseño o, directamente, el de fabricación.

Haciendo esto se podrá afirmar que las cantidades de perfil rectangular, tubo y bloque macizo necesarias para la fabricación del chasis serán:

- Bloque macizo de 350x160x150 milímetros para pipa de dirección.
- Dos bloques macizos de 275x130x40 milímetros para pletinas.
- Bloque macizo de 245x40x40 milímetros para la parte inferior de la sujeción para la suspensión trasera. De este bloque se aprovechará material para la fabricación de las pequeñas pletinas que forman parte de la sujeción delantera del motor.
- Dos bloques macizos de 75x40x35 milímetros para las bieletas que van soldadas al tubo de la sujeción para la suspensión trasera.
- Perfil rectangular de 900 milímetros de longitud y una sección de 120x40, con un espesor de 4 milímetros.
- Tubo de 25 milímetros de diámetro, 2.5 de espesor y 739 milímetros de longitud, para la sujeción delantera del motor y para la suspensión trasera.
- Tubo de 22.5 milímetros de diámetro, 2.5 de espesor y 210 milímetros de longitud para la sujeción delantera del motor.

Tras consultar las facturas donde aparece la totalidad de la materia prima comprada y relacionando los precios de estas cantidades con las cantidades necesarias para la fabricación del chasis, se puede deducir con cierta exactitud el coste del aluminio del chasis.

A este coste se le añadirá el coste de mecanizar las piezas, ya asignado con anterioridad.

Finalmente, el coste total de todos los componentes del chasis ascenderá a la cifra de **375 €**.

10.2. Coste de la soldadura

Por otro lado, al coste de obtención de estos componentes se le deberá sumar el coste de la realización de la soldadura. Dentro de este aspecto se incluirá el coste del material de aportación necesario y la mano de obra, variando ésta en función de la cantidad de cordón de soldadura necesario.

Es por ello que se deberá especificar primeramente la longitud de cordón de soldadura que será necesario, con el fin de poder determinar tanto la cantidad de material de aporte necesario como el coste de la mano de obra.

Observando nuevamente el capítulo de fabricación, en el cual se detalla paso a paso todo el proceso de soldadura, se puede cuantificar la longitud del cordón de soldadura:

- Vigas: Los perfiles de 450mm de longitud se soldarán por ambos lados, sumando 900mm. Además, se trata de dos vigas por lo que el total sumará **1800 milímetros** de cordón de soldadura.
- Pipa de dirección: Se soldará toda la sección ensamblada con las vigas, siendo ésta de 120x40, lo que suma una longitud de 320 milímetros. Al tratarse de dos vigas, el total sumará **640 milímetros** de cordón de soldadura.
- Pletinas: Se soldará, igualmente, toda la sección ensamblada con las vigas, siendo en este caso de 80x40, lo que suma un perímetro de 240 milímetros. Al ser dos vigas, el total sumará **480 milímetros** de cordón de soldadura.
- Sujeción delantera del motor: Se deberá soldar el tubo de 22.5 al de 25 y, posteriormente a la viga. Al ser la longitud de una circunferencia $2 \cdot \pi \cdot \text{Radio}$, y tratarse de un diámetro de 22.5 milímetros, la longitud del cordón será de 70.68mm. Esta operación se repetirá simétricamente con los otros dos tubos y a su vez con la parte inferior de la viga, siendo la longitud total aproximadamente **283 milímetros** de cordón de soldadura.
- Parte superior de la sujeción para la suspensión trasera: Se soldarán los dos extremos del tubo de 25 a las pletinas. Siendo la longitud de una circunferencia $2 \cdot \pi \cdot \text{Radio}$, y realizarse la soldadura en los dos extremos, la longitud total será de **157 milímetros** de cordón de soldadura.
- Parte inferior de la sujeción para la suspensión trasera: Se soldará el perfil rectangular a la parte inferior de la pletina. Siendo la sección de perfil en contacto con las pletinas de 50x40 en ambos lados, la longitud total será de **360 milímetros** de cordón de soldadura.

Sumando todas estas longitudes, se obtendrá la longitud total necesaria de cordón de soldadura, siendo ésta de **3720 milímetros**.

Con esta longitud se podrá pactar con el proveedor que la compra del material de aportación tendrá un coste de **30 €**.

Por otro lado, utilizando esta longitud de cordón, y teniendo en cuenta otros factores como la velocidad de soldeo, el factor de operación o el precio de mano de obra por hora, se podrá obtener mediante fórmulas el coste total de la mano de obra.

La fórmula utilizada para obtener este coste de la mano de obra, en "Euros por metro lineal" será la siguiente:

$$\frac{\text{Pmd (kg/ml)} \times \text{Valor M.O. y G.G. (\$/hr)}}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)} \times \text{F. operación (\%)}}$$

Donde:

- ❖ Pmd: Peso de metal depositado. Cantidad de metal de aporte necesario para completar una unión soldada. Relación para determinar el peso de metal depositado. Se seleccionará en función de la tabla adjunta.

$$\text{Pmd} = \text{Área seccional} \times \text{longitud} \times \text{densidad aporte.}$$

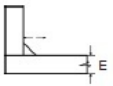
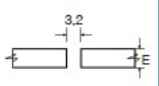
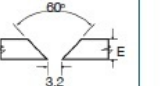
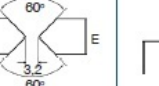
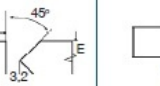

Unión de soldadura						
Espesor (E) mm	METAL DEPOSITADO (kg/ml)					
3,2	0,045	0,098				
6,4	0,177	0,190				
9,5	0,396		0,380		0,358	
12,5	0,708		0,638		0,605	
16	1,103		1,168		1,066	
19	1,592		1,731		1,707	1,089
25	2,839		2,380	1,049	2,130	1,449
32			3,987	2,578	3,554	2,322
37,5				3,768		3,380
51				5,193		4,648
63,5				8,680		7,736
76				13,674		11,617
				18,432		16,253

Figura 10.1. Tabla Pmd

Al ser el espesor de 4 milímetros, se realizará una interpolación entre los valores de las dos primeras filas de la tabla. Es decir entre los puntos (3.2,0.098) y (6.4,0.190). Utilizando la fórmula de la interpolación:

$$y = y_a + (x - x_a) \frac{(y_b - y_a)}{(x_b - x_a)}$$

Se obtiene que la densidad del metal depositado es de 0.121 kg/ml. Sabiendo que la longitud total de cordón de soldadura será de 3720 milímetros y conocida el área seccional, se puede calcular el valor del Pmd, siendo éste de **5761.536**.

- ❖ Valor de Mano de Obra y Gastos Generales. Se tratará del costo unitario (€/hora) de la mano de obra y los gastos generales que conllevará la operación de soldadura. Este factor depende exclusivamente de la empresa responsable de la soldadura, la cual ha fijado el costo en **9 €/hora**.
- ❖ Velocidad de deposición: Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo. Su determinación es complicada ya que dicha velocidad depende también de la corriente (A) de soldadura. Es por ello que, al realizarse a 220V, se estimará en **2.5 kg/h**.

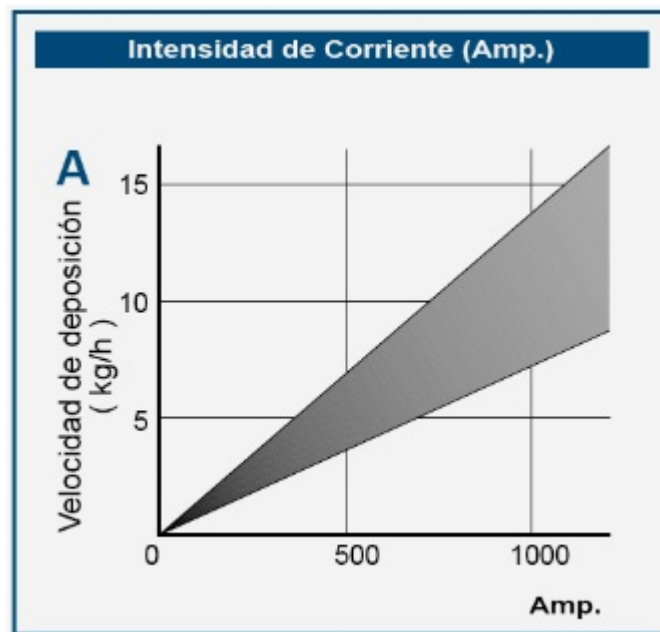


Figura 10.2. Tabla Velocidad de deposición

- ❖ Factor de operación: Se define como la relación entre el tiempo en que ha existido arco y el tiempo real o tiempo total pagado. Se determina a través de la tabla adjunta.

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo manual	5- 30
MIG sólido	10- 60
MIG tubular	10- 60
TIG	5- 20
Arco sumergido	50-100

Figura 10.3. Tabla Factor de Operación

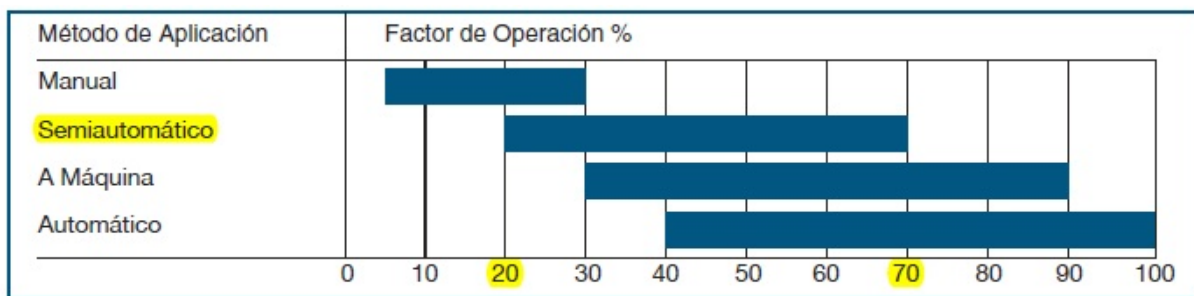


Figura 10.4. Tabla Factor de Operación

Al ser una soldadura TIG pero realizarse de manera semiautomática, se seleccionará un valor intermedio entre ambas gráficas, siendo éste de **40%**.

Una vez conocido el valor de todos los factores, se estará en disposición de aplicar la fórmula, obteniendo finalmente un coste de la mano de obra de soldadura de **518.50 €**. Estos 518.50 € junto con los 30 € del coste del material de aportación sumarán **548.50 €**.

Estos 548.50 € más los 375 € referentes a la compra del aluminio y el mecanizado de las piezas definirán el coste total de la fabricación del chasis, ascendiendo éste a la cifra de **923.50 €**.

11. RESULTADO FINAL Y CONCLUSIONES

Como se mencionó al comienzo del presente proyecto, el diseño, desarrollo y fabricación del chasis estaba englobada dentro de la construcción de una motocicleta de competición por parte del equipo MotoUPCT, la cual participaría en la “II Competición Internacional MotoStudent”.

Es por ello que el diseño de este chasis marcará las pautas a seguir en el diseño del resto de la motocicleta, influyendo decisivamente en los resultados que se consigan.

En este capítulo se pretende mostrar, mediante imágenes explicativas, el resultado final de la construcción de la motocicleta, pudiendo ver de esta forma cómo el chasis va ensamblando con el resto de componentes y constituye una parte primordial del diseño.

Por otro lado se analizará el comportamiento de la motocicleta y del chasis en concreto. Dicho análisis no solo será personal, sino que se aportarán opiniones de pilotos expertos y periodistas especializados. Algunos de estos artículos de prensa se recogerán en el **Anexo 5**.

Todo ello proporcionará la información suficiente para poder realizar una reflexión sobre el resultado conseguido con el presente proyecto y enumerar las conclusiones obtenidas.

11.1. Resultado final

Para poder observar el aspecto final de la motocicleta, en la cual el chasis será el elemento estructural, se procederá a mostrar una serie de imágenes en las que se apreciará el ensamblaje del chasis con el resto de elementos.

Se incluirán imágenes de detalles, tales como el ensamblaje con el basculante, el sistema de bieletas, etc. Así como imágenes de las pruebas estáticas y dinámicas realizadas a la motocicleta.



Figura 11.1. Ensamblaje chasis, basculante, motor



Figura 11.2. Ensamblaje de chasis con tirantes, basculante, motor, muelle y presentación fibras



Figura 11.3. Ensamblaje de la motocicleta

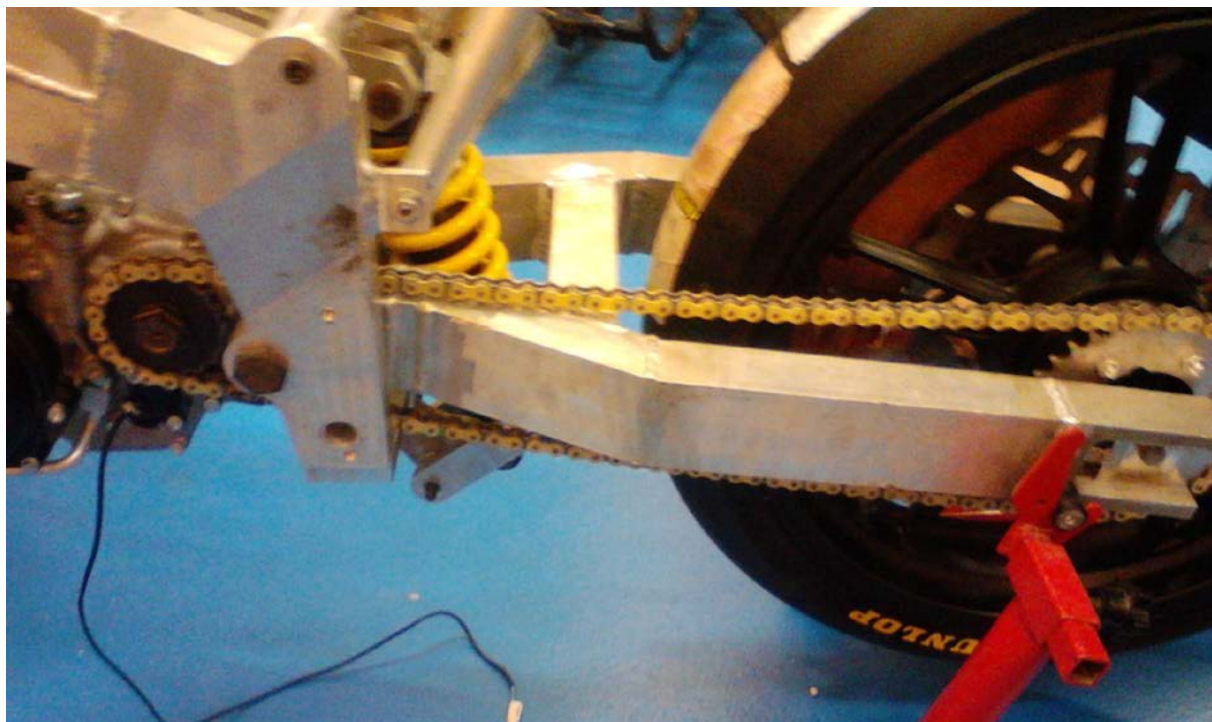


Figura 11.4. Detalle ensamble chasis, basculante y sistema de bieletas



Figura 11.6. Motocicleta finalizada en el circuito de Motorland

11.2. Conclusiones

Tal y como se ha mostrado en las fotografías, tras finalizar la fabricación del chasis se procedió al montaje de la motocicleta. Una vez se tuvo la motocicleta terminada se realizaron numerosas pruebas en el circuito de Cartagena y posteriormente se acudió a la “II Competición Internacional MotoStudent” en el circuito de Motorland (Aragón).

Es por ello que, aparte de los resultados obtenidos mediante simulaciones informáticas con “SolidWorks” y “Ansys”, se dispondrá de resultados experimentales recogidos durante las diversas pruebas realizadas. Además, esta información procede de expertos en el diseño de motocicletas, pilotos profesionales y periodistas especializados en la materia, por lo que su objetividad y valor es importante.

El primer paso fueron unas Jornadas de pruebas durante 3 días en el Circuito de Velocidad de Cartagena. Durante estos días, la piloto del equipo ayudó con la puesta a punto de la motocicleta. Sus sensaciones y opinión acerca de la motocicleta fueron excelentes, subrayando el gran manejo y paso por curva que le permitía el chasis. Durante estas intensas pruebas se controló la respuesta a fatiga del chasis, mostrando éste una perfecta resistencia.

Tras estas pruebas se celebró la competición MotoStudent. En ella se realizaron tanto pruebas estáticas como dinámicas.

En las primeras, se sometió al chasis a una serie de cargas verticales y horizontales, con el fin de comprobar la resistencia de éste. El resultado fue excelente, soportándolas holgadamente y sin mostrar ningún signo de fisuras.

En las pruebas dinámicas se puso la moto a disposición de tres pilotos expertos, los cuales probarían todas las motocicletas de la competición, para posteriormente compararlas y valorarlas una a una.

Por un lado se realizaron una serie de pruebas de aceleración, frenada y agilidad. Tras dichas pruebas la totalidad de los pilotos coincidieron en que el manejo y agilidad de esta moto era, con diferencia, la mejor de todas las presentes, aspecto en el que repercute directamente el diseño del chasis.

Por otro lado, cada uno de los pilotos realizó una tanda de varias vueltas para comprobar el comportamiento de la motocicleta al ser sometida al máximo esfuerzo de la competición. Una vez finalizadas estas pruebas, los pilotos y jurado se reunieron para valorar cada una de las motocicletas. Tras esta reunión, fue reconocida como la más competitiva y “parecida a una auténtica moto de carreras”, remarcando el excelente paso por curva que poseía.

Tras analizar todas estas opiniones y críticas sobre la motocicleta, se observa una clara coincidencia en todas ellas: todas remarcaban el gran paso por curva, la agilidad y el fácil manejo de la motocicleta, haciendo de ella lo más competitiva y parecida a las presentes en el mundo de la competición.

Como es sabido, el paso por curva o la agilidad de una motocicleta depende en su mayor parte del diseño del chasis, por lo que las conclusiones obtenidas indican que el diseño escogido, así como el desarrollo y fabricación de éste, ha dado lugar a un excelente chasis, capaz de competir en competiciones nacionales e internacionales.

Mientras que por otro lado, analizando una vez más los datos obtenidos analíticamente y mediante las herramientas informáticas, se está en disposición de asegurar que el diseño final del chasis está completamente optimizado.

ANEXO 1

REGLAMENTO TÉCNICO MOTOSTUDENT

1. INTRODUCCIÓN: Objetivos fundamentales de este reglamento	3
2. LA MOTOCICLETA: Orientación general y definición del carácter de la misma	3
3. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO	3
3.1. Dimensiones	3
3.2. Pesos	3
4. CICLÍSTICA	3
4.1. Bastidor	3
4.2. Suspensiones	4
4.2.1. Suspensión delantera	4
4.2.2. Suspensión trasera	4
4.3. Dirección	4
4.3.1. Diseño	4
4.3.2. Amortiguador de dirección	4
4.4. Sistema de frenos	4
4.4.1. Freno delantero	4
4.4.2. Freno trasero	5
4.5. Estriberas	5
4.6. Manillar	5
4.7. Basculante	5
4.8. Llantas y neumáticos	5
4.9. Protecciones para caídas	6
5. CARENADOS	6
5.1. Restricciones dimensionales	6
5.2. Seguridad	6
6. MOTOR	6
6.1. Tipo	6
6.2. Cilindro	6
6.3. Culata	6
6.4. Cáster	6
6.5. Caja de cambios	6
6.6. Transmisión secundaria	7
6.7. Embrague	7
6.8. Acelerador	7

7. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE	7
7.1. Carburador / Inyección	7
7.2. Depósito de combustible	7
7.3. Conductos de combustible	7
7.4. Sistema de llenado	8
7.5. Tipo de combustible	8
8. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	8
8.1. Refrigeración interna del motor	8
8.2. Radiador	8
8.3. Líquidos refrigerantes	8
9. SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	8
9.1. Conductos de admisión	8
9.2. Sistemas de sobrepresión	8
10. SISTEMA DE ESCAPE	8
11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	8
11.1. Cableado	8
11.2. Conectores	9
11.3. Componentes	9
12. SISTEMAS ELECTRÓNICOS	9
12.1. Centralita	9
12.2. Tablier	9
12.3. Otros sistemas electrónicos	9
13. SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS	9
14. OTROS COMPONENTES COMERCIALES	9
15. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIONES TÉCNICAS	9
15.1. Homologación del chasis	9
15.2. Verificación de cotas generales	10
15.3. Verificación de pesos	10
15.4. Verificación de ruidos	10
15.5. Verificación del cumplimiento de la normativa de seguridad	10
16. IDENTIFICACIÓN DE LA MOTOCICLETA	10
16.1. Números y fondos	10
16.2. Identificación frontal	10
16.3. Dorsales laterales	11
16.4. Número de identificación de bastidor de la motocicleta	11
16.5. Nombre de la universidad	11
16.6. Espacio en el bastidor para adhesivo de verificación técnica	11
16.7. Espacio para soporte y alojamiento del transponder	11
17. FIGURAS	11

1. INTRODUCCIÓN: Objetivos fundamentales de este reglamento

Este documento contiene la normativa técnica reguladora de la competición denominada "Motostudent". El principal objetivo consiste en estandarizar y acotar el amplio abanico de posibilidades de construcción de un prototipo. De este modo todos los proyectos se ajustarán a una línea de trabajo orientativa y común. Así pues, se posibilita una competencia objetiva entre los participantes.

2. LA MOTOCICLETA: Orientación general y definición del carácter de la misma

El objeto de la competición es un vehículo de dos ruedas a motor de combustión interna. Dicho vehículo será concebido para el pilotaje de un solo ocupante.

La motocicleta deberá ser un prototipo diseñado y construido para la competición. La especialidad son las carreras de velocidad.

3. REQUERIMIENTOS GENERALES DE DISEÑO

3.1. Dimensiones

Las dimensiones de la motocicleta son libres exceptuando algunos requisitos básicos:

- La anchura mínima entre los extremos de los semimanillares (o manillar en su caso) ha de ser de 450 mm. (Figura 1)

- El ángulo mínimo de inclinación lateral de la motocicleta sin que ningún elemento de la misma (exceptuando los neumáticos) toque el pavimento debe ser 50°. Dicha medición se realiza con la motocicleta descargada (sin piloto) pero con todo el equipamiento y líquidos para su funcionamiento. (Figura 1)

- La distancia libre al pavimento con la motocicleta en posición vertical ha de ser de un mínimo de 100 mm en cualquier situación de compresión de suspensiones y reglajes de geometrías. (Figura 2)

- Límite posterior: Ningún elemento de la motocicleta podrá rebasar la línea tangente vertical trazada a la circunferencia exterior del neumático trasero. (Figura 2)

-Los neumáticos deberán tener una tolerancia mínima de 15 mm con cualquier elemento de la motocicleta en toda posición de la misma y reglaje de geometría.

-La anchura máxima del asiento debe ser de 450 mm. No podrá sobresalir de esa anchura ningún otro elemento de la motocicleta del asiento hacia detrás excepto el sistema de escape. (Figura 3)

3.2. Pesos

El peso mínimo del conjunto de la motocicleta en orden de marcha incluido depósito, gasolina y líquidos no deberá ser inferior a 95 kg en cualquier momento de las pruebas. El peso se podrá verificar tanto al inicio, durante y final de la competición.

Está permitido lastrar el vehículo para alcanzar el peso mínimo.

4. CICLÍSTICA

4.1. Bastidor

El diseño, el proceso y el material utilizado para la fabricación del bastidor es libre excepto en las siguientes consideraciones:

-No está permitido fabricar el chasis en titanio ni aleaciones de titanio.

-El bastidor definitivo a presentar en la competición deberá haber superado el proceso de homologación por parte de la organización. (Ver criterios de verificación).

-No se permite el uso de un chasis comercial ni tan siquiera una unidad modificada. Deberá tratarse de un chasis prototipo de fabricación propia.

4.2. Suspensiones

4.2.1. Suspensión delantera.

En el caso de diseño de suspensión en base a tipo de horquilla se deberá utilizar la proporcionada por la organización.

La horquilla proporcionada por la organización no puede ser modificada estructuralmente. Está permitido el reglaje de la horquilla solo en base a cambio de muelles y fluidos hidráulicos.

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en los ejes de rotación de los componentes del sistema de suspensión delantera.

Si se define otro tipo de suspensión no podrán utilizarse sistemas activos o semiactivos y/o controles electrónicos de cualquier parámetro de la suspensión.

4.2.2. Suspensión trasera

En el caso de uso de amortiguador en la composición de la suspensión trasera se deberá utilizar el proporcionado por la organización.

El amortiguador proporcionado por la organización no puede ser modificado estructuralmente. Se permite el reglaje del amortiguador solo en base a cambio de muelles y fluidos hidráulicos.

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en los ejes de rotación de los componentes del sistema de suspensión trasera.

No podrán utilizarse sistemas activos o semiactivos y/o controles electrónicos de cualquier parámetro de la suspensión.

4.3. Dirección

4.3.1. Diseño

En todo el recorrido de giro de la dirección no deberá existir ningún elemento que interfiera en una tolerancia de 30 mm entorno a los puños del manillar y accionamientos. El objetivo es evitar daños en las manos y dedos del piloto en caso de caída. (Figura 3)

El ángulo mínimo de giro de la dirección deberá ser de 15° medidos a cada lado del eje longitudinal de la motocicleta. (Figura 3)

El ángulo de giro de la dirección deberá estar limitado con un tope a cada lado.

4.3.2. Amortiguador de dirección

Está permitido el uso de amortiguador de dirección.

4.4. Sistema de frenos

La motocicleta deberá disponer tanto de freno delantero como freno trasero.

4.4.1. Freno delantero

Deberá utilizarse el conjunto de freno delantero (bomba, latiguillos y pinza) proporcionado por la organización.

Se permite la elección del tipo de pastillas y disco de freno. Se permite la sustitución de los latiguillos de freno por otros de diferente longitud.

La situación del accionamiento de la bomba de freno y la modificación de la leva de accionamiento es libre con la restricción de que, si su ubicación fuese el manillar, su longitud no podrá ser superior a 200 mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18 mm. La esfera podría estar rectificada con un plano de una anchura mínima de 14 mm, los bordes del plano han de ser redondeados.

4.4.2. Freno trasero

Deberá utilizarse el conjunto de freno delantero (bomba, latiguillos y pinza) proporcionado por la organización.

Se permite la elección del tipo de pastillas y disco de freno. Se permite la sustitución de los latiguillos de freno por otros de diferente longitud.

La situación del accionamiento de la bomba de freno y la modificación de la leva de accionamiento es libre con la restricción de que, si su ubicación fuese el manillar, su longitud no podrá ser superior a 200 mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18 mm. La esfera podría estar rectificada con un plano de una anchura mínima de 14 mm, los bordes del plano han de ser redondeados.

4.5. Estriberas

Como requisito deberán tener protegidos los extremos con un tope de nilón de un radio mínimo de 8 mm.

Deberán disponer de protectores laterales para evitar que la bota del piloto pueda interferir con elementos móviles como cadena o neumático trasero.

4.6. Manillar

La anchura del manillar medida entre los extremos de los puños no podrá ser inferior a 450mm. (Figura 1).

Las puntas del manillar deberán ir protegidas con un tope de nilón redondeado de un radio mínimo de 8 mm.

No está permitido el uso la de manillares o semimanillares contruidos en aleación ligera.

Los soportes del manillar o semimanillares deberán estar diseñados con el fin de minimizar el riesgo de fractura en caso de caída. Se deberán utilizar radios mínimos de 2 mm en el anclaje para facilitar deformaciones sin fractura.

4.7. Basculante

El basculante deberá ser de fabricación propia .Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en la fabricación de los ejes de rotación del basculante.

Es obligatorio el uso de un protector de cadena que impida la interferencia entre el cuerpo del piloto y el punto de engrane cadena-corona en la rueda trasera.

4.8. Llantas y neumáticos

La organización suministrará las llantas y neumáticos y se prohíbe su modificación. Sus dimensiones serán: Delanteras 2.50"x17"; Traseras, 3.50" x 17.

Está prohibido el uso de titanio, aleaciones ligeras y compuestos de fibra en la fabricación de los ejes de ruedas.

Está permitido el uso de protectores de nilón en los extremos del eje para posibles caídas. Estos protectores deberán ser redondeados con un diámetro igual o superior al del eje utilizado.

Los ejes de rueda no podrán sobresalir de su alojamiento en sus extremos más de 30 mm. No se consideran en esta medida posibles protectores de nilón.

4.9. Protecciones para caídas

Se aconseja el uso de topes de nilón para proteger la motocicleta en caso de caída. También se permite el uso de protectores de fibra para chasis y cárter de motor.

5. CARENADOS

5.1. Restricciones dimensionales

Todos los bordes y acabados del carenado han de ser redondeados. Radio mínimo 1 mm.

La anchura máxima del carenado será de 600 mm. (Figura 3).

Límite frontal: el carenado en ningún caso podrá sobrepasar la vertical frontal trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático delantero.

Límite posterior: el carenado en ningún caso podrá sobrepasar la vertical posterior trazada tangencialmente a la circunferencia exterior del neumático trasero.

Lateralmente: El carenado no podrá cubrir lateralmente al piloto a excepción de los antebrazos (esta excepción solamente en posición de mínima resistencia aerodinámica del piloto). La llanta posterior no podrá cubrir-se en más de 180°.

Entre la altura del asiento y la parte más elevada del colín la cota máxima será de 150 mm.

La utilización de guardabarros no es obligatoria.

El guardabarros delantero no podrá cubrir más de 135° de la circunferencia del neumático medido desde la parte posterior del neumático con origen del ángulo en la horizontal que pasa por el eje de rueda. En esos 135° las dimensiones del guardabarros son libres.

Está permitido el uso de alerones como pieza del carenado. Deberán no superar la anchura del carenado o del colín ni superar la altura de los extremos del manillar. El radio mínimo será de 2 mm. Se permite el uso de dispositivos móviles aerodinámicos.

5.2. Seguridad

Todos los sobraderos de la motocicleta deberán redirigirse a un depósito de un mínimo de 250 cm³ de capacidad para evitar vertido de líquidos. (Sobradero de aceite cárter, depósito de gasolina, refrigerante).

6. MOTOR

Deberá utilizarse el motor proporcionado por la organización. El motor se entregará sellado y se prohíbe totalmente su manipulación interna.

6.1. Tipo

Motor monocilíndrico de 250 cm³ 4 T tiempos con refrigeración líquida.

6.2. Cilindro

No se permite ninguna modificación.

6.3. Culata

No se permite ninguna modificación

6.4. Cáster

No se permite la modificación del mismo ni tan siquiera en sus anclajes externos.

6.5. Caja de cambios

Está prohibida la modificación de la caja de cambios en cualquiera de sus componentes. Tan sólo se permite la instalación de sensores para la adquisición de datos.

6.6. Transmisión secundaria

El tipo de transmisión es libre.

6.7. Embrague

La situación del accionamiento de la leva del embrague es libre con la restricción de que su longitud no podrá ser superior a 200mm y su extremo deberá ser una esfera de un diámetro mínimo de 18 mm. La esfera puede estar rectificadas con un plano de una anchura mínima de 14 mm, los bordes del plano han de ser redondeados.

6.8. Acelerador

El acelerador ha de ser de retorno automático de manera que se asegure su cierre en caso de que el piloto suelte el mismo.

7. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE COMBUSTIBLE

7.1. Carburador / Inyección

El carburador es de libre elección. Se prohíbe el uso de carburadores cerámicos.

Sólo se permite una válvula de control del acelerador, el cual debe estar exclusivamente controlado por elementos mecánicos y manipulados por el piloto únicamente. No se permiten otros dispositivos móviles (excepto los inyectores) en el sistema de admisión antes de la válvula de entrada del motor.

Está permitido el uso de sistemas de inyección de carburante adicionales al carburador y la programación electrónica de los mismos. Los inyectores de combustible deben estar localizados aguas arriba de las válvulas de entrada del motor.

Se permiten sistemas tipo RAM Air

7.2. Depósito de combustible

El respiradero del depósito de combustible deberá estar provisto de una válvula de retención. El respiradero deberá verter en el depósito de sobrantes de líquidos.

El depósito de carburante de cualquier tipo deberá ir relleno con material retardante de llama o disponer de otro depósito flexible interno de seguridad. En el caso de los depósitos "no metálicos" es obligatorio el uso de este segundo depósito adicional de goma o resina. El fin de esta vejiga de seguridad no es otro que impedir el derrame de carburante en caso de rotura del depósito. Si se utiliza un depósito homologado no hay otro requisito.

Está prohibido presurizar el depósito de carburante.

El tanque de gasolina deberá ser calificado como "apto" por la organización antes de la realización de las pruebas en cumplimiento de las consideraciones anteriormente expuestas.

7.3. Conductos de combustible

Todos los conductos de combustible del depósito al carburador o sistema de inyección deberán estar pro-vistos de racords estancos de seguridad. De manera que en caso de desprendimiento del depósito de la motocicleta sea el récord el que se desconecte y no otras uniones del conducto. Por tanto, para la apertura del récord la fuerza aplicada deberá ser, máximo, el 50% de la

7.4. Sistema de llenado

El tapón del depósito de combustible deberá ser estanco y estar provisto de un sistema seguro de cierre que impida a posibilidad de desprenderse en caso de caída.

7.5. Tipo de combustible

El combustible será administrado por la organización.

Está prohibida la utilización de aditivos al carburante. En la cámara de combustión no podrán entrar otros agentes que no sean el combustible proporcionado por la organización y aire atmosférico.

8. SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

8.1. Refrigeración interna del motor

No se permite la modificación del sistema de refrigeración interna del motor.

8.2. Radiador

El número, la situación, el tamaño y la composición de los radiadores son libres siempre y cuando cumplan con los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta.

8.3. Líquidos refrigerantes

Los líquidos refrigerantes utilizados no podrán ser otros que agua o aceite. Está prohibida la utilización de aditivos en estos refrigerantes. En las pruebas dinámicas la organización proveerá del líquido refrigerante común para todos los equipos.

9. SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

9.1. Conductos de admisión

La composición, dimensiones y situación de los conductos de admisión de aire son libres siempre que éstas cumplan los requerimientos dimensionales de las cotas generales de la motocicleta.

9.2. Sistemas de sobrepresión

Está prohibido el uso de sistemas “turbo” para el aumento de presión de gases en la admisión. Únicamente se permite el aprovechamiento aerodinámico del movimiento del vehículo mediante el uso de tomas de aire.

10. SISTEMA DE ESCAPE

El sistema de escape será de libre elección siempre que cumpla los requerimientos dimensionales generales de la motocicleta y la normativa sonora.

No se permiten sistemas de escape de longitud variable.

El ruido no debe sobrepasar los 115 db/A, medidos en un test estático.

No se permiten elementos móviles en el sistema de escape.

11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La composición de la instalación eléctrica deberá ser elaborada por cada equipo competidor. Está prohibido el uso de una instalación comercial.

11.1. Cableado

El tipo de cable a utilizar, el diseño y la ejecución del mazo de cables son libres.

11.2. Conectores

El tipo de conectores es libre. Se deberá tener en cuenta la posibilidad del correcto funcionamiento eléctrico de la motocicleta en condiciones de lluvia.

11.3. Componentes

Se permite el uso de componentes comerciales (bobinas, baterías, reguladores, conectores).

Todas las motocicletas deberán ir provistas de un botón de paro de seguridad en el lado izquierdo del manillar. Deberá estar indicado en color rojo para su fácil localización en caso de emergencia. Dicho botón de paro deberá cortar el suministro eléctrico a cualquier componente de la motocicleta.

12.SISTEMAS ELECTRÓNICOS

12.1. Centralita

La centralita para la gestión electrónica será proporcionada por la organización (coste aparte) a los equipos que la requieran. Se permite la utilización libre de otras centralitas.

12.2. Tablier

El sistema de información utilizado en el tablier es libre.

12.3. Otros sistemas electrónicos

Está permitido el uso libre de otros sistemas electrónicos como cambio semiautomático, limitadores de vueltas, sistemas de información, limitadores de velocidad, control de servos...

13.SISTEMAS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Está permitido el uso de sistemas de adquisición de datos relativos a parámetros de motor, dinámica de la motocicleta y comportamiento del piloto.

Se podrán utilizar sistemas comerciales o la adaptación de sistemas de otro tipo de vehículos.

Así mismo, se permite la utilización libre de todo tipo de sensores tanto de fabricación propia como reutilización de adaptaciones.

El software utilizado podrá ser comercial o de diseño propio.

14.OTROS COMPONENTES COMERCIALES

Se permite el uso de elementos de adquisición comercial excepto los prohibidos explícitamente en este reglamento.

15. PROCEDIMIENTO DE VERIFICACIONES TÉCNICAS

Para el control y verificación de vehículos se creará una ficha para cada prototipo. Este documento será relleno por los verificadores técnicos en la fase previa a la competición. Una vez contrastados todos los apartados se deberá dar la calificación de "apto" para poder participar en las diferentes pruebas. Tras la verificación se fijará un adhesivo de la organización comprobante de la aceptación del prototipo.

15.1. Homologación del chasis

La organización se reserva el derecho de verificar el chasis mediante una prueba previa a la competición. Se habrá de presentar previo a la competición un estudio teórico de cargas sobre el chasis.

La prueba se realizará en un potro de ensayo. Se aplicarán una carga horizontal progresiva sobre la pipa de la dirección de 275 kg en dirección longitudinal (dirección de marcha) a la motocicleta y vertical de 200 kg sobre el soporte trasero (subchasis). Estas cargas se aplicaran sucesivamente 5 veces consecutivas y se verificara que la medida es repetitiva en cuanto a deformación con un error entre medidas inferior a un 10% y no aparece ningún tipo de fallo o fisura ni en los componentes ni en los elementos de unión. En la página web se muestra el esquema del banco y los componentes suplementarios que debe cada equipo aportar a la organización para estas pruebas.

15.2. Verificación de cotas generales

Se medirán y supervisarán las cotas generales de diseño estipuladas en este reglamento.

15.3. Verificación de pesos

Se acondicionará un centro de verificaciones y controles donde los participantes podrán verificar su vehículo.

Se podrá solicitar por la organización controles de pesos en cualquier fase de la competición.

Los controles se realizarán sobre el vehículo en orden de marcha con todos sus sistemas y componentes además de los líquidos necesarios para su uso.

Inicialmente se realizará una calibración del sistema de medida. Se realizarán tres pesadas del vehículo y la media de los tres resultados será el valor asignado.

La tolerancia en la medida es 1 kg por debajo del mínimo.

15.4. Verificación de ruidos

El prototipo será analizado en un espacio abierto donde no existan obstáculos en un radio de 10 m.

El ruido ambiente no podrá ser superior a 90 dB/A en un radio de 10 m. La medida se realizará a 50 cm del extremo del tubo de escape y en un ángulo de 45°. La medida límite será de 115 dB/A. La verificación se realizará a un rango fijo de revoluciones del motor. 7000 min-1.

15.5. Verificación del cumplimiento de la normativa de seguridad

Se realizará una verificación completa de cada uno de los puntos referentes a seguridad de cada uno de los apartados descritos en este reglamento. Por encima de cualquier criterio técnico a nivel de prestaciones o construcción del vehículo deberá prevalecer, como prioritario, la seguridad de los participantes. Para ello, todos los prototipos deberán cumplir los requisitos de seguridad en cualquier fase de la competición. De manera especial se hace hincapié en la verificación del vehículo tras haber sufrido un accidente con el fin de garantizar la seguridad del mismo.

16. IDENTIFICACIÓN DE LA MOTOCICLETA

16.1. Números y fondos

Las medidas mínimas de los números serán de 140 mm de alto por 30 mm de ancho.

Las medidas mínimas de los fondos serán de 275 mm de ancho por 200 mm de alto.

El color de los números deberá ser negro y el fondo blanco.

Al menos 25 mm entorno a los números deberán estar libres de otros grafismos.

16.2. Identificación frontal

La motocicleta deberá ser identificada con un dorsal frontal que permita una visualización clara del vehículo durante la competición.

16.3. Dorsales laterales

Del mismo modo se deberá identificar la motocicleta lateralmente con el dorsal asignado.

16.4. Número de identificación de bastidor de la motocicleta

Cada prototipo deberá disponer de número de chasis grabado en el mismo para la identificación del mismo en cualquier situación.

16.5. Nombre de la universidad

En todos los prototipos deberá aparecer el nombre de la universidad o las iniciales en caracteres de un tamaño no inferior a 50 mm de alto por 30 mm de ancho.

16.6. Espacio en el bastidor para adhesivo de verificación técnica

Se deberá proveer al bastidor de un espacio mínimo de 70 mm de ancho por 40 mm de alto para la fijación del adhesivo de verificación de la organización. Si no directamente en el bastidor, se deberá habilitar una placa para la fijación del mismo.

16.7. Espacio para soporte y alojamiento del transponder

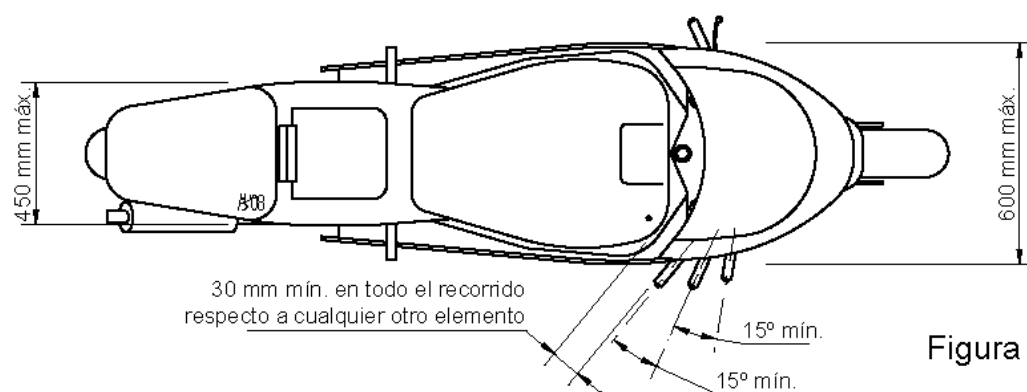
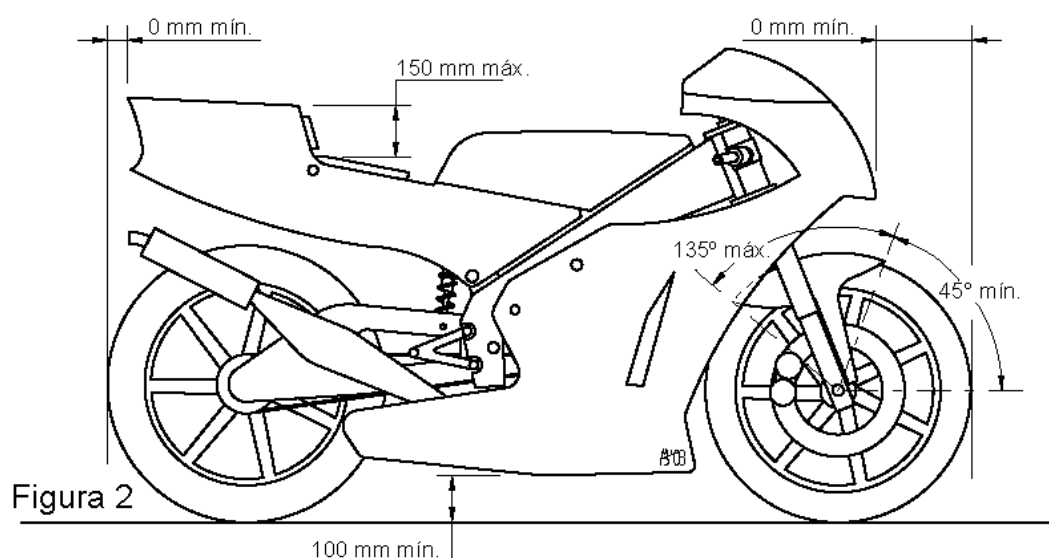
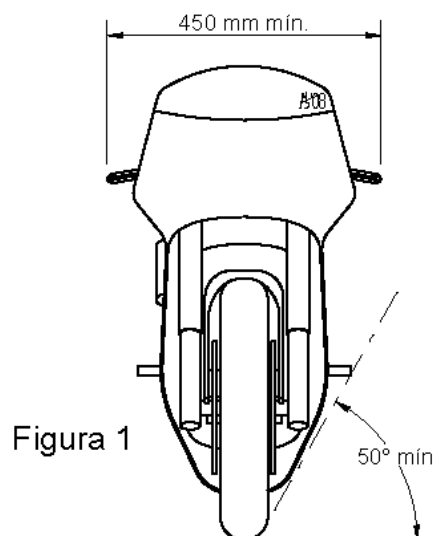
Se deberá habilitar un espacio para la fijación del transponder y su soporte. Este espacio deberá ser de un mínimo de 120 mm de alto por 120 mm de ancho, 60 mm de fondo.

El espacio deberá estar localizado en la parte derecha del vehículo y en una posición protegida de posibles caídas.

No deberá existir obstáculo de interferencia en la línea entre el transponder y el receptor en el lugar de medición. La organización suministrará las características dimensionales del transponder así como el tipo de so-porte.

Es responsabilidad del equipo la correcta fijación del transponder.

17. FIGURAS



ANEXO 2

CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE LA MOTOCICLETA

En este apartado se mostrarán los principales esfuerzos a los que es sometido el chasis durante las distintas situaciones que se pueden plantear durante su uso, así como los cálculos y explicaciones que nos han llevado a dichos valores. La buena obtención de estos datos es de vital importancia, ya que posteriormente serán introducidos en el programa de análisis por elementos finitos, el cual marcará el camino a seguir para la optimización del diseño.

Se tratarán dichas situaciones de forma independiente, explicándolas y mostrando gráficos y dibujos que aclaren las fuerzas que actúan sobre el chasis. Las cuatro situaciones estudiadas serán: la fase de máxima frenada con la rueda delantera, la de máxima frenada con la rueda trasera, la de máxima aceleración, y por último la fase de máxima velocidad de paso por curva. Se han escogido concretamente estas situaciones debido a que son aquellas que mas exigen al chasis, por lo que determinarán su dimensionado y geometría.

El peso total se considerará de 150kg, con piloto, gasolina y aceite incluidos, y el coeficiente de rozamiento entre el suelo y los neumáticos de 1.2, estando dicho coeficiente mayorado debido a la dificultad de su obtención exacta.

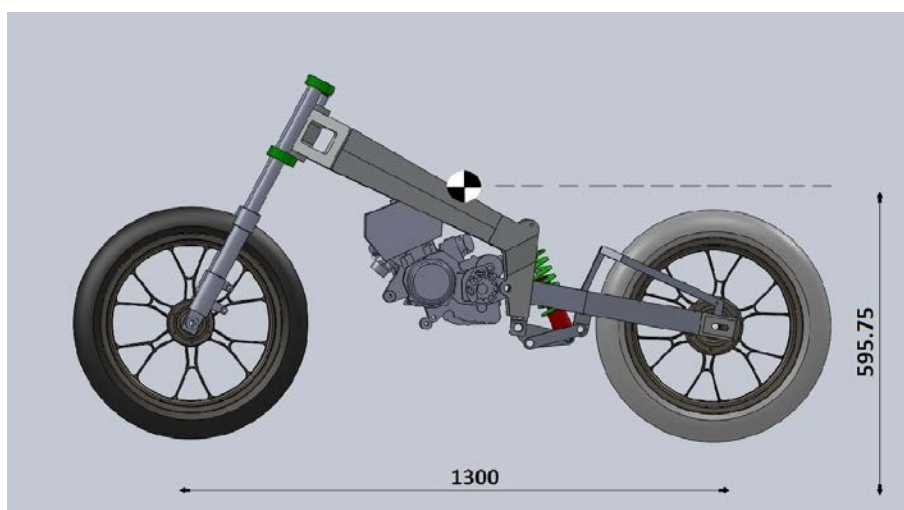


Figura 1. Distancia entre ejes y centro de gravedad

Sin embargo, el centro de gravedad no estará fijo debido, entre otras cosas, al movimiento del piloto en las curvas o al descenso de la gasolina durante la carrera, disminuyendo por tanto el peso total de la motocicleta. Esto deberá tenerse siempre presente durante el estudio para que los datos obtenidos se correspondan lo máximo posible con la realidad.

1. Fuerzas durante la máxima frenada con la rueda delantera.

En este apartado se tratará la fase de máxima frenada con la rueda delantera. Es por ello que el factor a estudiar será cuál es el límite de agarre del neumático, ya que esté se corresponderá con el momento de máxima sollicitación del chasis a flexión. Se supondrá que los vectores de fuerzas se encuentran situados de la siguiente forma:

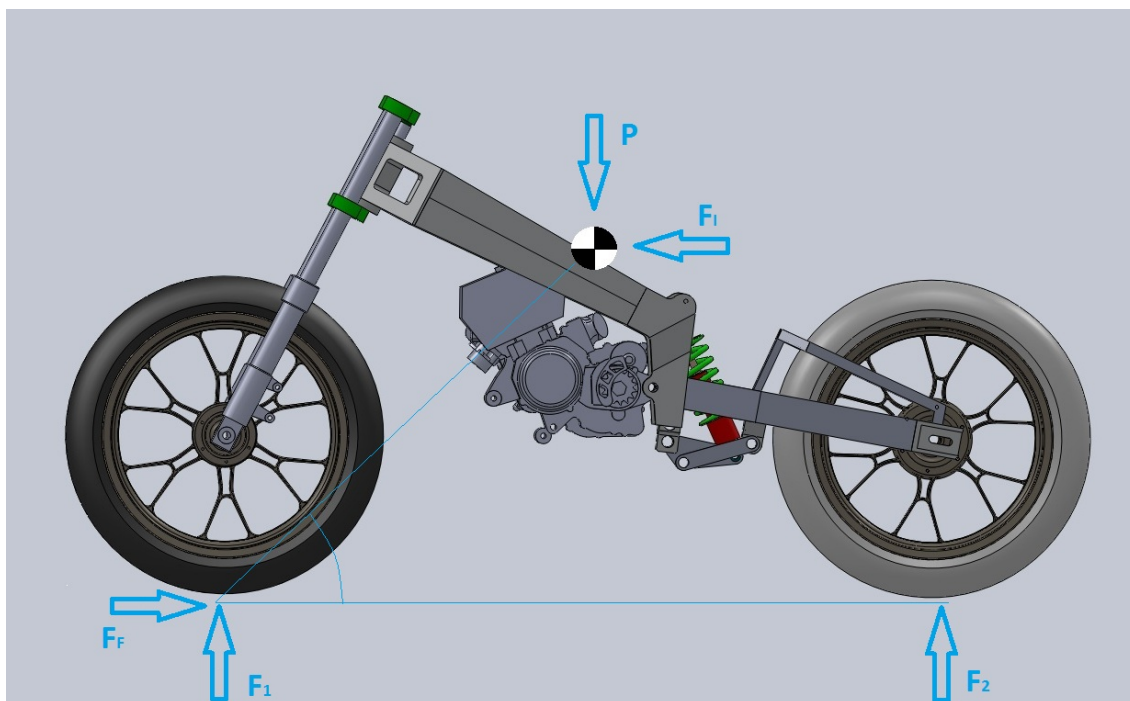


Figura 2. Fuerzas que actúan en la frenada con rueda delantera

Condición: $F_2=0$ debido a que consideramos la situación más desfavorable, en la cual se ha hundido la horquilla y se ha levantado la rueda trasera, de ahí que $F_2=0$; por tanto:

$$F_F = F_1$$

$$F_1 = P = 150\text{Kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 1471.5 \text{ N}$$

$$F_F = F_1 \times \mu = 1471.5 \times 1.2 = 1765.8 \text{ N}$$

$$\alpha = \arctg (1471.5/1765.8) = 39.8^\circ$$

2. Fuerzas durante la máxima frenada con la rueda trasera.

Se va a estudiar las fuerzas resultantes que aparecerían si se produjese una frenada máxima solo con la rueda trasera. Esta situación tan solo suele darse durante pequeños instantes de tiempo, al inicio de la frenada, justo antes de accionar el freno delantero. En este caso, a diferencia del anterior, sí existe normal en las dos ruedas en todo momento. Cada fuerza normal debería ser la mitad del peso, pero debido a la variación del reparto de pesos justo en el instante después de accionar el freno se aplicará a la normal de la rueda de atrás F_2 un coeficiente teórico de 0,7 obtenido experimentalmente por técnicos e ingenieros. La disposición de las fuerzas en este caso sería la siguiente:

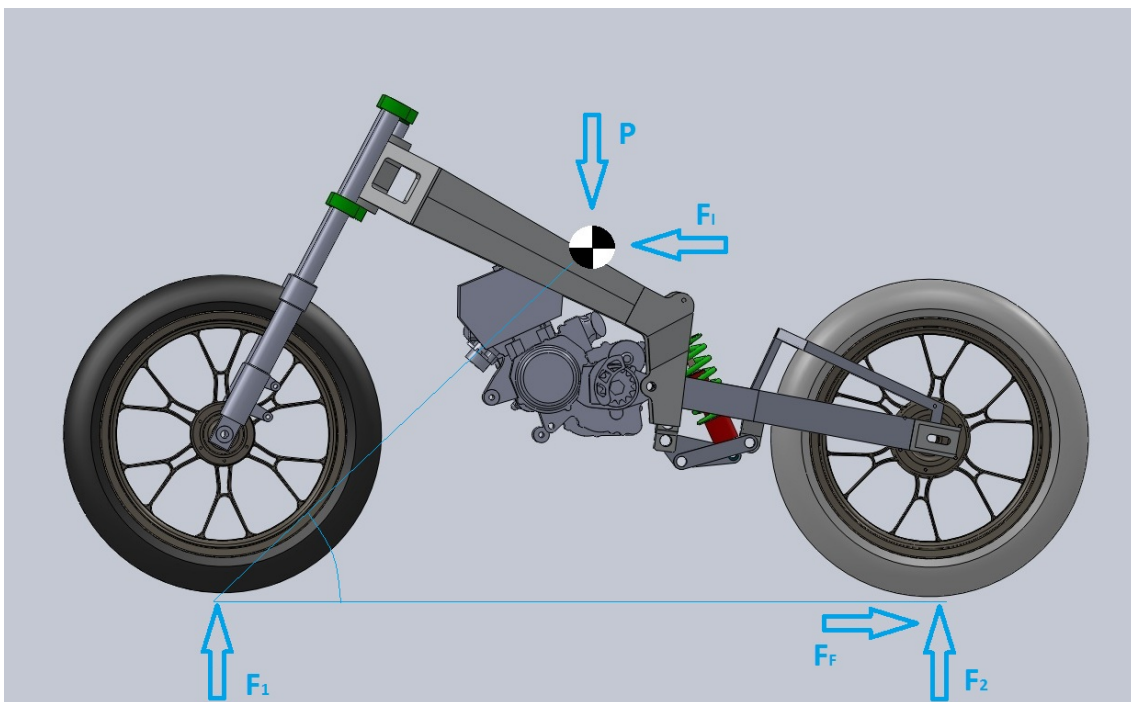


Figura 3. Fuerzas que actúan en la frenada con rueda trasera

$$P = 150\text{kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 1471.5 \text{ N};$$

$$F_2 = P/2;$$

$$F_f = F_2 \times \mu \times 0.7;$$

$$F_f = P/2 \times \mu \times 0.7 = (1471.5/2) \times 1.2 \times 0.7 = 618.03 \text{ N}$$

3. Fuerzas durante la máxima aceleración.

En este caso se evalúan las fuerzas provocadas por la máxima aceleración de la motocicleta. La situación límite la marcará la máxima adherencia de los neumáticos. Por definición, se ha supuesto que el centro de gravedad está alineado con la resultante de las fuerzas que actúan en la rueda trasera, siendo por tanto la normal en la rueda delantera nula. Por tanto los cálculos realizados en este caso quedarían de la siguiente forma:

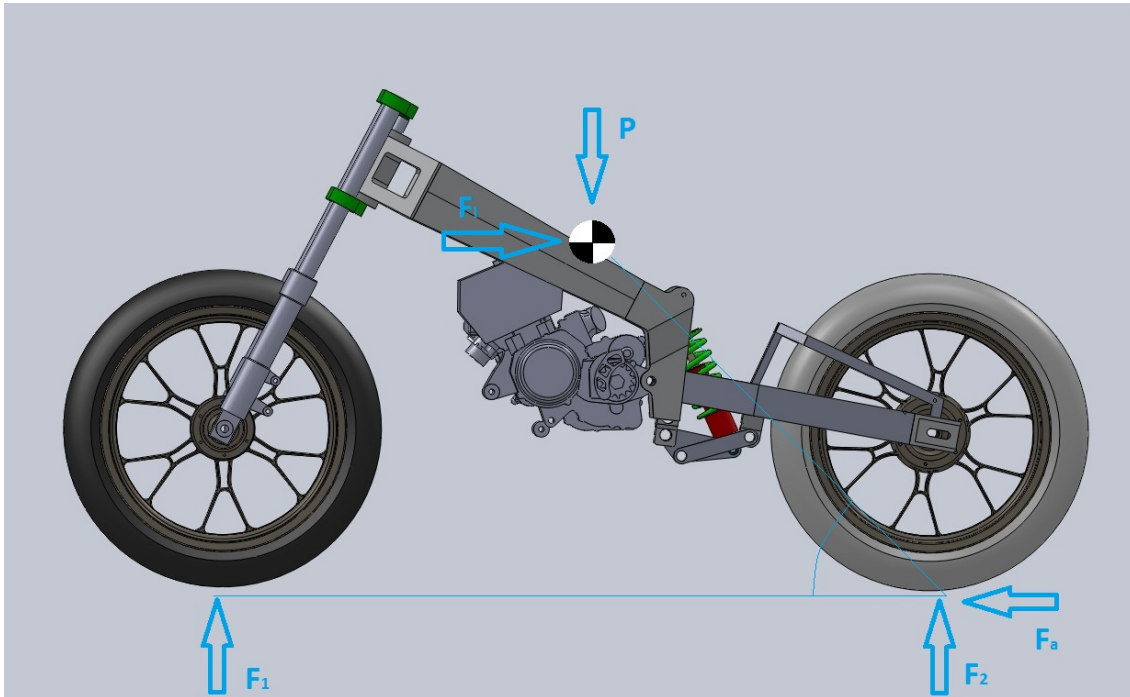


Figura 4. Fuerzas que actúan durante la aceleración máxima

Condición: $F_1 = 0$; por tanto:

$$F_a = F_1$$

$$F_2 = P = 150\text{kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 = 1471.5 \text{ N}$$

$$F_a = F_2 \times \mu = 1471.5 \times 1.2 = 1765.8 \text{ N}$$

$$\alpha = \arctg (1471.5/1765.8) = 39.8^\circ$$

4. Fuerzas durante la máxima velocidad de paso por curva.

Por último se realizará un estudio para determinar el valor de las fuerzas que actúan sobre la motocicleta cuando ésta se encuentra inclinada. Para ello se considera la situación de máxima velocidad de paso por curva. Como hipótesis de cálculo se asumirá que en este momento la motocicleta no se encuentra ni acelerando ni frenando, por lo que todas las fuerzas que actúan estarán directamente relacionadas con la fuerza centrífuga. La normal será igual en las dos ruedas y equivaldrá a la mitad del peso de la moto, mientras que la fuerza lateral que ejercen los dos neumáticos contrarrestará la centrífuga, quedando el diagrama de fuerzas de esta forma:

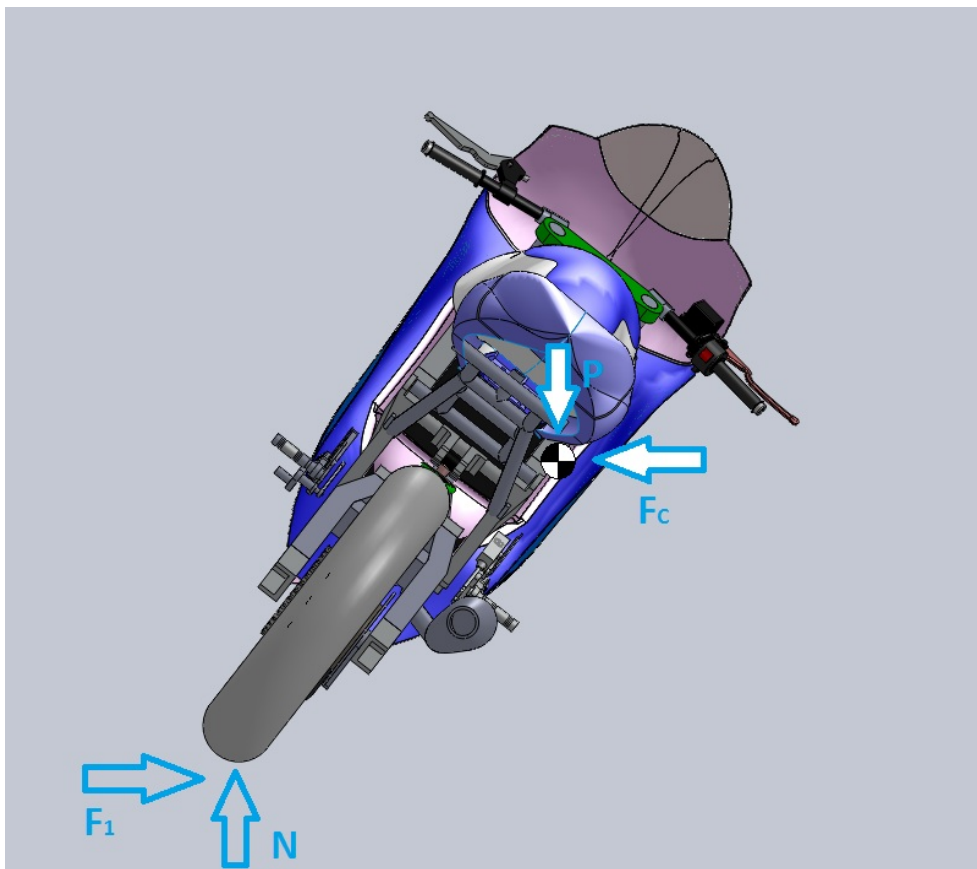


Figura 5. Fuerzas que actúan durante el paso por curva

Condición: $N = P/2$; por tanto:

$$N = 150/2 \times 9.81 = 735.75 \text{ N}$$

$$F_1 = N \times \mu = 1863,9 \times 1.2 = 882.9 \text{ N}$$

$$\alpha = \arctg (735.75/882.9) = 39.8^\circ$$

Donde el ángulo α marcará la máxima inclinación de la motocicleta, siendo éste de 50.2° .



A esta fuerza se le deberá añadir el momento torsor provocado por el descentramiento de las fuerzas respecto al punto de contacto con el suelo, dejando de ser éste el punto medio del neumático trasero. Se considerará como máxima medida de descentramiento $d=75\text{mm}$. Por tanto:

$$F_t = \sqrt{F_1^2 + N^2} = \sqrt{882.9^2 + 735.75^2} = 1149.28 \text{ N}$$

$$M = F_t \times d = 1149.28 \times 0.075 = 86.2 \text{ N.m.}$$

ANEXO 3

SOLDADURA

Las aleaciones de aluminio se sueldan al arco, bajo atmósfera inerte (argón, helio o una mezcla de los dos) y hay dos técnicas: la soldadura MIG y la soldadura TIG. Tras comparar ambas se ha comprobado que la más idónea en este caso es la TIG. Es por ello que será ésta la elegida para soldar los distintos elementos del chasis. Todo el procedimiento y preparaciones se describen en este anexo.

La soldadura al arco bajo atmósfera inerte con electrodo refractario o procedimiento TIG (Tungtène Inert Gas) es un procedimiento en el cual se hace saltar un arco eléctrico entre un electrodo refractario de tungsteno y la pieza a soldar. Mientras, un chorro de gas inerte, generalmente argón, rodeando el electrodo, protege el baño de fusión contra la oxidación. Una varilla de aportación sujeta con la mano alimenta el baño de fusión.

Se caracteriza por el empleo de un electrodo permanente de tungsteno, aleado a veces con torio o zirconio en porcentajes no superiores a un 2%. Dada la elevada resistencia a la temperatura del tungsteno (su punto de fusión es de 3410 °C), acompañada de la protección del gas, la punta del electrodo apenas se desgasta tras un uso prolongado. Los gases más utilizados para la protección del arco en esta soldadura son el argón y el helio, o mezclas de ambos.

La gran ventaja de este método de soldadura es, básicamente, la obtención de cordones más resistentes, más dúctiles y menos sensibles a la corrosión que en el resto de procedimientos, ya que el gas protector impide el contacto entre el oxígeno de la atmósfera y el baño de fusión. Además, dicho gas simplifica notablemente el soldeo de metales ferrosos y no ferrosos, por no requerir el empleo de desoxidantes, con las deformaciones o inclusiones de escoria que pueden implicar. Otra ventaja de la soldadura por arco en atmósfera inerte es la que permite obtener soldaduras limpias y uniformes debido a la escasez de humos y proyecciones; la movilidad del gas que rodea al arco transparente permite al soldador ver claramente lo que está haciendo en todo momento, lo que repercute favorablemente en la calidad de la soldadura. El cordón obtenido es por tanto de un buen acabado superficial, que puede mejorarse con sencillas operaciones de acabado, lo que incide favorablemente en los costes de producción. Además, la deformación que se produce en las inmediaciones del cordón de soldadura es menor.

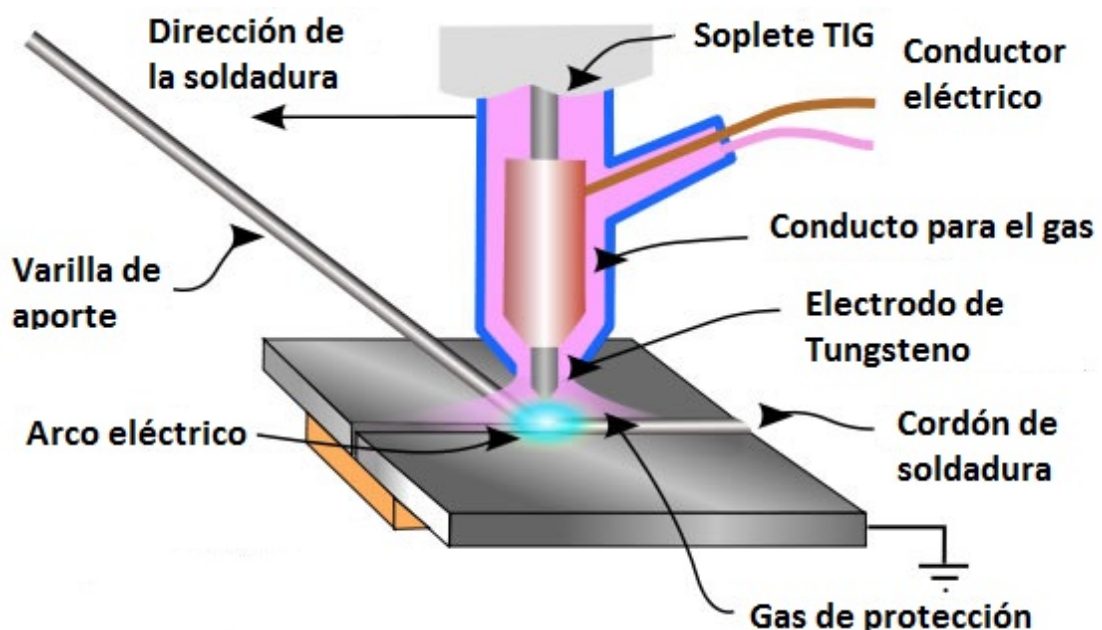
Como inconvenientes está la necesidad de proporcionar un flujo continuo de gas, con la subsiguiente instalación de tuberías, bombonas, etc., y el encarecimiento que supone. Además, este método de soldadura requiere una mano de obra muy especializada, lo que también aumenta los costes. Por tanto, no es uno de los métodos más utilizados sino que se reserva para uniones con necesidades especiales de acabado superficial y precisión.

Este procedimiento utiliza una fuente alimentada por corriente alterna estabilizada por HF específicamente concebida para la soldadura de las aleaciones de aluminio. Se utiliza en espesores comprendidos entre 1 y 6 mm y se puede robotizar.

En la soldadura de aluminio con arco de tungsteno y gas de protección inerte (TIG) se usa una fuente de corriente alterna de 50 Hz, una corriente de alta frecuencia superpuesta (CA). El electrodo es no fusible de tungsteno puro o tungsteno aleado con circonio. Este método de soldadura se puede usar en todas las posiciones y, utilizado correctamente, permite la obtención de una soldadura de gran calidad.

El peligro de porosidad es menor que en la soldadura MIG. El arco rompe la película de óxido y por lo tanto, para la automática se usa hilo en bobinas. Como regla, se usa la soldadura TIG para espesores de 0,7 a 10 milímetros pero no hay realmente un límite máximo.

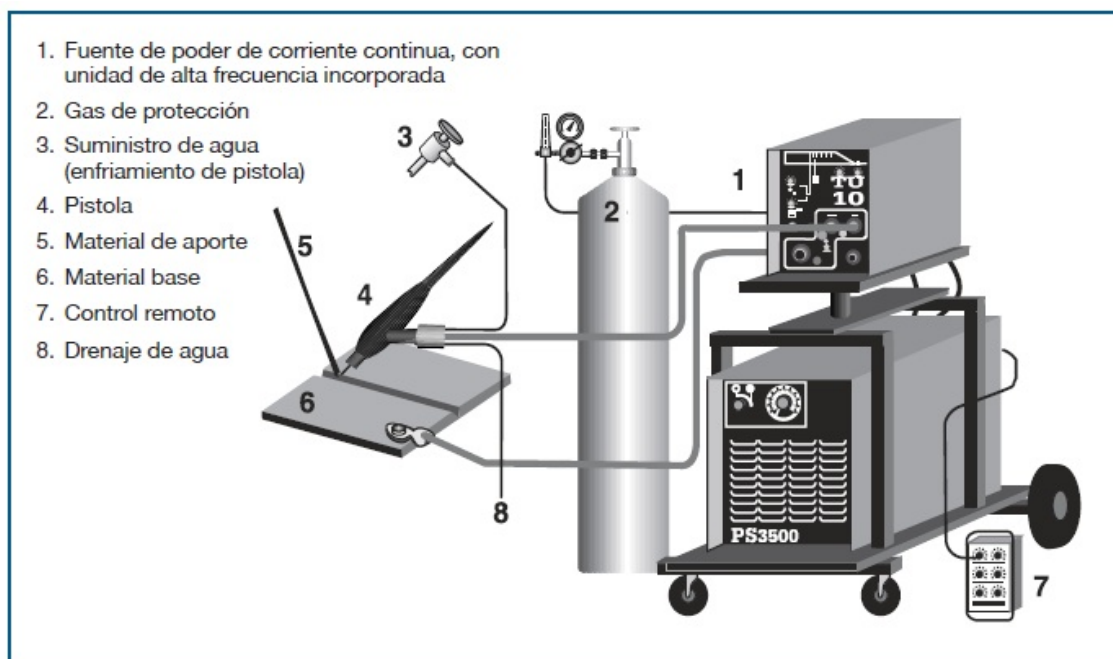
Se deben preparar los bordes cuidadosamente para que no haya aberturas entre las placas, ya que es mucho más fácil de controlar el baño de fusión si la separación es mínima. En espesores superiores a 5 milímetros se deben biselar las aristas de las uniones a soldar. Cuando se trata de soldadura de chapa fina resulta más ventajoso el uso de plantilla para evitar las distorsiones debidas al calor de la soldadura y las separaciones entre bordes debidas a aquellas.



1. Equipo

El equipo necesario para llevar a cabo la soldadura TIG estará constituido por los siguientes elementos:

- Fuente de poder.
- Unidad de alta frecuencia.
- Pistola.
- Suministro gas de protección.
- Suministro agua de enfriamiento.
- La pistola asegura el electrodo de tungsteno que conduce la corriente, el que está rodeado por una boquilla de cerámica que hace fluir concéntricamente el gas protector.
- La pistola normalmente se refrigera por aire. Para intensidades de corriente superiores a 200A. Se utiliza refrigeración por agua, para evitar recalentamiento del mango.



2. Limpieza antes de soldar

La limpieza antes de la soldadura es esencial para conseguir buenos resultados. La suciedad, aceites, restos de grasas, humedad y óxidos deben ser eliminados previamente, bien sea por medios mecánicos o químicos. Para trabajos normales de taller se puede elegir el siguiente procedimiento:

- Eliminación de la suciedad y desengrasado en frío con alcohol o acetona.
- Lavar con agua y secar inmediatamente para evitar el riesgo de oxidación.
- Eliminación mecánica mediante:
 - Cepillado con un cepillo rotativo inoxidable.
 - Raspado con lija abrasiva o lima.
 - Por chorreado.

Cuando hay demandas más exigentes respecto a la preparación, se puede realizar una limpieza química según el esquema siguiente:

- Eliminación de la suciedad.
- Desengrasado con percloroetileno a 121°C.
- Lavado con agua y secado inmediato.
- Eliminación del óxido de aluminio de la siguiente forma:
- Limpieza alcalina con, por ejemplo, NaOH.
- Limpieza ácida con, por ejemplo, HNO₃ + HCl + HF.
- Lavado con agua y secado inmediato.
- Neutralización con HNO₃ (después del tratamiento con NaOH).
- Baño en agua desionizada.
- Secado inmediato con aire caliente.

Los métodos químicos requieren equipos costosos para el tratamiento superficial y no se pueden usar siempre por esta razón. Sin embargo no se debe nunca prescindir de la eliminación del óxido o el desengrasado en el área de soldadura.

3. Atmósfera controlada

Como gases de protección para la soldadura TIG, se usan siempre los gases inertes Argón y Helio. Durante la soldadura el gas inerte enfría la boquilla de soldadura y protege, al mismo tiempo, al electrodo y al baño de fusión. El gas también participa en el proceso eléctrico en el arco. Los gases comerciales que generalmente se usan son los siguientes:

- Argón, pureza 99,95 %.
- Argón + Helio (30/70, 50/50) para soldadura MIG, da un baño de fusión más amplio y caliente.
- Helio para corriente continua. En la soldadura TIG proporciona una fusión más caliente y velocidad de soldadura mayor, pero es más caro y requiere mayor consumo.

El Argón puro es el gas que con mayor frecuencia se usa y se debe emplear en la soldadura normal de taller, puesto que es mucho más económico y requiere menor flujo de gas. El Helio se usa sólo cuando se exige mayor penetración, por ejemplo, en soldadura en ángulo o cuando se suelda un material muy grueso.

4. Ambiente

Cuando se suelda el aluminio se producen diferentes tipos de humos y gases. Al igual que en el caso de la soldadura de acero, con el fin de evitar la propagación de esta contaminación, es aconsejable la instalación de extractores de humos y gases.

La intensidad del arco es mucho mayor que en la soldadura de acero y bajo ningún concepto se debe mirar al arco sin una máscara de protección adecuada. La radiación ultravioleta (UV) intensa puede dañar los ojos y la piel, por lo cual el soldador de aluminio debe llevar ropa de protección que cubra todo el cuerpo.

La cantidad de gas depende del método de soldadura, material de aportación y tipo de aleación. La soldadura TIG produce una cantidad de humo considerablemente menor que la soldadura MIG, debido al contenido menor de energía en el arco. Por esta razón es necesaria una buena ventilación general en combinación con medidas individuales como máscaras de aire fresco o dispositivos de aspiración de humos local (In situ).

5. El arco

El proceso eléctrico en el arco es de gran importancia para comprender lo que pasa en la soldadura de aluminio. En principio se puede soldar con corriente continua (CC) o con corriente alterna (CA). Si observamos primero la CC, podemos elegir entre dos casos de polaridades diferentes, polaridad negativa y polaridad positiva.

La polaridad negativa cede la mayor parte de su energía a la pieza de trabajo, 70 %, de modo que obtenemos un baño de fusión profundo, con buena penetración. La carga sobre el electrodo es reducida, lo cual es una ventaja en la soldadura TIG. Una gran desventaja al emplear esta polaridad es que el arco rompe la película de óxido, de modo que se hace necesario un tratamiento previo del material, como la preparación cuidadosa de los bordes, limpieza y bordes biselados. En combinación con arco pulsado se puede soldar chapa fina desde 0,06 mm.

La soldadura con corriente continua y polaridad positiva (polaridad invertida) se usa para la soldadura MIG. Es típico que en la distribución de calor, el 70 % corresponda al electrodo. El baño de fusión es relativamente ancho y de escasa profundidad resultando en poca penetración.

La ventaja determinante para el uso de polaridad positiva consiste en el efecto rompedor de la película de óxido del arco, con tal eficacia, que dicha película ya no sea obstáculo para conseguir una buena calidad en la soldadura. El mecanismo para este efecto rompedor de la película de óxido no es completamente conocido, pero una explicación es que se debe al bombardeo de la superficie de iones metálicos positivos análogo a la limpieza de superficies por chorreo.

Aunque el arco tiene esta propiedad no se debe prescindir de la eliminación del óxido antes de empezar la soldadura. El arco no es capaz de romper las películas de óxido gruesas formadas durante la laminación de chapas en caliente, sino sólo las capas finas que se forman después de la limpieza.

La soldadura con corriente alterna (CA) implica que la polaridad se cambia aproximadamente 100 veces por segundo y, por lo tanto, se pueden considerar las propiedades de la soldadura con CA como el promedio entre los dos casos en la soldadura con corriente continua. La distribución del calor es casi la misma entre el electrodo y la pieza de trabajo; la penetración y ancho del baño de fusión cae entre los valores que rigen para los dos casos anteriores. El arco tiene todavía un efecto rompedor de la película de óxido.

La corriente alterna se usa en la soldadura TIG normal con argón como gas protector. La corriente absorbida por el equipo se altera debido a la acción rectificadora del arco. Por esta razón se ha diseñado una máquina para soldadura TIG que compensa este efecto.

6. Materiales de aportación

En la soldadura MIG se utilizan siempre materiales de aportación, mientras que en la soldadura TIG se puede o no utilizar. Las mejores propiedades de la junta soldada en lo que se refiere a la resistencia, corrosión y ausencia de fisuras, se obtiene cuando se usan materiales de aportación de acuerdo con las tabla se detallarán a continuación.

No existe una norma general para la elección de los materiales de aportación debido al tipo de utilización y al parámetro que interese más en cada caso. Las de alto contenido en magnesio AlMg5 (EN AW 5356-5556) dan mayor resistencia, mientras que la de AlSi5 (EN AW 4043) es más resistente a la fisuración y proporciona mejor flujo de metal durante el proceso de fusión de las aleaciones templables. Este tipo de aleaciones (AlCu - AlMgSi - AlZn), no se deben soldar con material de aportación del mismo grupo de aleación por el proceso de fisuración.

En el caso de que el material se vaya a anodizar posteriormente a la soldadura, se evitará el material de aportación AlSi5 porque cogerá en la zona de soldadura un color muy oscuro. Con el fin de reducir el peligro de la corrosión bajo tensión y aumentar la resistencia, se ha añadido Cu a las aleaciones de AlZnMg. Al hacer esto también empeora la soldabilidad. Diversas investigaciones señalan que se puede añadir como máximo 0,2% de Cu, antes de que el peligro de fisuración en caliente aumente considerablemente. Se elige en este caso el AlSi5 (EN AW 4043).


En este caso, interesa conocer el material de aportación a utilizar para soldar aluminio 6082 consigo mismo y aluminio 6082 con 6063. Para ello se utilizará la siguiente tabla, en la cual se especifica como cumple la soldadura una serie de características, tales como la facilidad a la soldadura, resistencia de la junta soldada, resistencia a la corrosión, ductilidad etc.

Se prestará una menor atención a los apartados de homogeneidad del color, ya que una vez montada la motocicleta se le dará un pulido; y la resistencia de trabajo a temperaturas superiores a la normal, ya que la refrigeración de la moto no permitirá que el chasis trabaje a una temperatura muy superior.

Por otro lado, se le dará especial importancia a la resistencia a la corrosión y facilidad a la soldadura, pero sobre todo a la resistencia de la junta soldada. Es por ello que el material de aportación elegido será el **5356** de 4 milímetros, teniendo éste una muy buena resistencia de la junta soldada.

Para una mejor observación de cómo cumple este material de aportación todos los puntos mencionados anteriormente se adjunta la siguiente tabla.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES DE APORTACIÓN PARA
LA SOLDADURA AL ARCO DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO

	Facilidad a la soldadura					Resistencia en la junta soldada					Resistencia a la corrosión					Resistencia de trabajo a temperatura superior a la normal					Homogeneidad del color después de la anodización					Ductibilidad					
	1200	4043	5654	5356	5554	5556	1200	4043	5654	5356	5554	5556	1200	4043	5654	5356	5554	5556	1200	4043	5654	5356	5554	5556	1200	4043	5654	5356	5554	5556	
MATERIAL DE ALEACIÓN APORTACIÓN A SOLDAR																															
5052	-	MB	B	MB	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B
5154, 5754	-	MB	B	MB	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B
5454	-	MB	B	MB	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B
5083, 5086, 5456	-	-	-	MB	-	MB	-	-	-	-	-	B	MB	-	-	-	-	-	B	MB	-	-	-	-	B	MB	-	-	-	-	-
6060, 6063, 6101	-	MB	R	B	R	B	-	B	MB	B	MB	MB	MB	-	B	MB	B	MB	MB	MB	-	B	MB	B	MB	MB	-	B	MB	B	MB
6061, 6082	-	MB	R	B	R	B	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B
5083, 5056 con:																															
5154, 5754	-	-	B	MB	B	MB	-	-	R	B	B	R	MB	-	-	R	B	B	R	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5454	-	-	-	MB	B	MB	-	-	-	-	-	B	R	MB	-	-	-	-	B	R	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5083, 5086, 5456	-	-	-	MB	-	MB	-	-	-	-	-	B	-	MB	-	-	-	-	B	-	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6060, 6063, 6101	-	MB	B	MB	B	MB	-	B	MB	MB	MB	MB	MB	-	B	MB	MB	MB	MB	MB	-	B	MB	MB	MB	MB	-	B	MB	MB	MB
6061, 6082	-	MB	B	MB	B	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B
5086 con:																															
5154	-	-	B	MB	B	MB	-	-	R	B	B	R	MB	-	-	R	B	B	R	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5454	-	-	-	MB	B	MB	-	-	-	-	-	B	R	MB	-	-	-	-	B	R	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5086	-	-	-	B	-	MB	-	-	-	-	-	MB	-	MB	-	-	-	-	MB	-	MB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6060, 6063, 6101	-	MB	B	MB	B	MB	-	B	MB	MB	MB	MB	MB	-	B	MB	MB	MB	MB	MB	-	B	MB	MB	MB	MB	-	B	MB	MB	MB
6061, 6082	-	MB	B	MB	B	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B	B	R	MB	-	E	R	B
6060, 6082 con:																															
6060, 6061, 6082	-	MB	R	B	R	B	-	B	MB	B	MB	MB	MB	-	B	MB	B	MB	MB	MB	-	B	MB	B	MB	MB	-	B	MB	B	MB

MB: Muy Bueno B: Bueno R: Regular E: Malo, evitar.

ANEXO 4

HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS UTILIZADAS

Para el desarrollo del presente proyecto, junto con la bibliografía consultada, se ha hecho uso de dos herramientas informáticas principales: SolidWorks y ANSYS. Al ser éstas unas herramientas de un complejo funcionamiento, se procederá a definir y explicar sus funciones básicas. De esta forma se podrá tener una idea general de los procedimientos y herramientas que se han usado para el diseño del chasis.

1. SolidWorks

SolidWorks® es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft® Windows®, intuitivo y fácil de manejar. Su filosofía de trabajo permite plasmar sus ideas de forma rápida sin necesidad de realizar operaciones complejas y lentas.

Las principales características que hace de **SolidWorks®** una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser **asociativo**, **variacional** y **paramétrico** de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además utiliza el **Gestor de diseño (FeatureManager)** que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

Junto con las herramientas de diseño de **Pieza**, **Ensamblajes** y **Dibujo**, **SolidWorks®** incluye **Herramientas de Productividad**, de **Gestión de Proyectos**, de **Presentación** y de **Análisis y Simulación** que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado.

1.1. Introducción

SolidWorks® es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable.

SolidWorks® se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos.

La característica que hace que **SolidWorks®** sea una herramienta competitiva, ágil y versátil es su capacidad de ser paramétrico, variacional y asociativo, además de usar las **Funciones Geométricas Inteligentes** y emplear un **Gestor de Diseño (FeatureManager)** que permite visualizar, editar, eliminar y actualizar cualquier operación realizada en una pieza de forma bidireccional entre todos los documentos asociados.

1.2. Características de SolidWorks®

La definición de parámetros clave, la **Asociatividad**, las **Funciones geométricas inteligentes** y el **Gestor de diseño**, son las principales características de **SolidWorks®**.

1.2.1 Definición de parámetros clave

Los parámetros clave son las dimensiones (**cotas**) y las **Relaciones Geométricas** que definen un modelo tridimensional. **SolidWorks®** asocia a cada una de las cotas de un croquis así como a las operaciones tridimensionales un nombre que permite modificarla en cualquier momento y su actualización en el resto de documentos asociados.

1.2.2 Asociatividad

SolidWorks® contiene tres módulos: **Pieza**, **Ensamblaje** y **Dibujo**. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque no pueda observarse, están asociados y vinculados entre ellos.

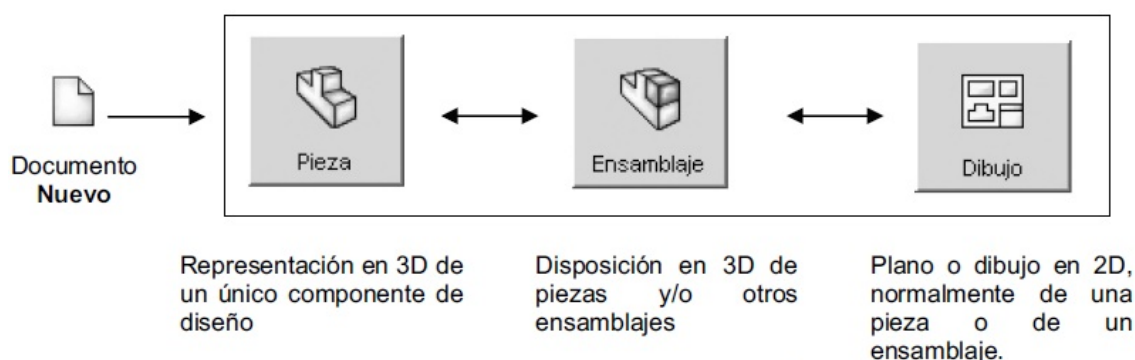


Figura 1.1. Módulos existentes en **SolidWorks®**

Para realizar un conjunto o ensamblaje debe diseñar cada una de las piezas que lo conforman y guardar como ficheros de pieza distintos (cada uno con un nombre). El módulo de ensamblaje permite insertar cada una de las piezas y asignar relaciones geométricas de posición para definir tridimensionalmente el ensamblaje. Finalmente, puede obtener los planos las piezas o del propio ensamblaje de forma automática.

Cuando se dice que **SolidWorks®** es asociativo quiere decir que todos los documentos (**Pieza**, **Ensamblaje** o **Plano**) están vinculados y que la modificación de un fichero de pieza modifica el ensamblaje y los planos asociados de forma automática, sin la participación del usuario. Los ficheros se actualizan aunque se encuentren cerrados.



Es importante tener los documentos de un ensamblaje juntos en una misma carpeta. Para abrir un ensamblaje **SolidWorks®** necesita los ficheros de las piezas de que se compone. Si los ficheros no se encuentran en la misma carpeta debe buscarlos de forma manual.

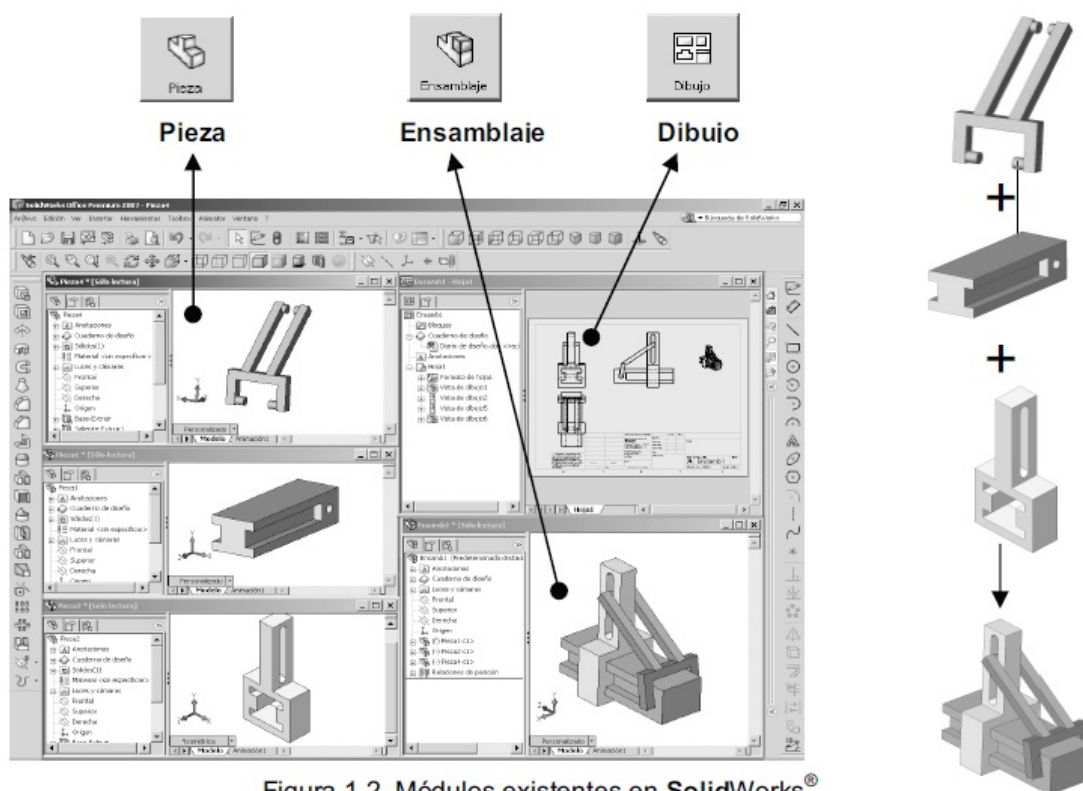


Figura 1.2. Módulos existentes en SolidWorks®

1.2.3 Funciones Geométricas Inteligentes

La creación de **Taladros**, **Chaflandes**, **Redondeos**, **Vaciados** o la creación de **Nervios**, entre otras operaciones, son creadas de forma rápida, ágil e intuitiva. En muchas operaciones el proceso de definición está guiado y puede previsualizar la operación antes de su aceptación definitiva.

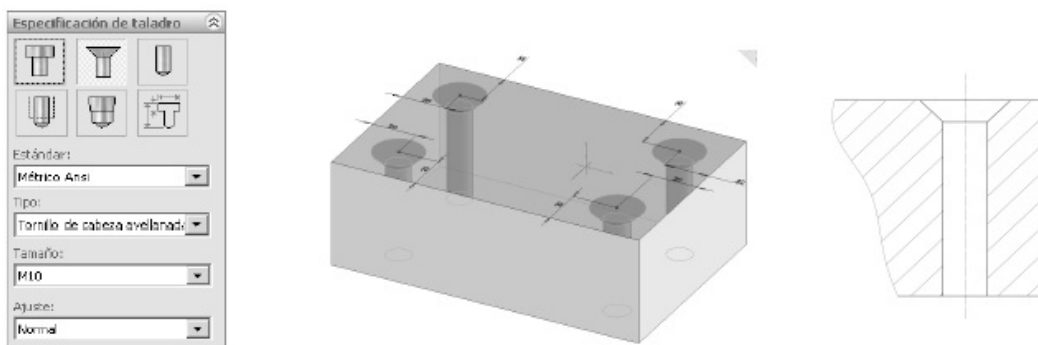


Figura 1.3. Función Geométrica Inteligente de Taladro.

1.2.4 Gestor de diseño

También es conocido como árbol de operaciones o **FeatureManager**. En él se incluyen de forma histórica todas las operaciones que han sido necesarias efectuar para conformar la pieza durante su diseño. Las operaciones recientes se encuentran al final del árbol mientras que las más antiguas son las primeras en aparecer.

El **Gestor de Diseño** permite **Visualizar/ocultar** operaciones, **Suprimirlas** o **Eliminarlas**, **Cambiar el color** y, lo que es más importante, **Modificar sus parámetros de definición**. Puede establecer nuevas relaciones de posición geométrica o modificar la dimensión de una cota de croquis u operación.

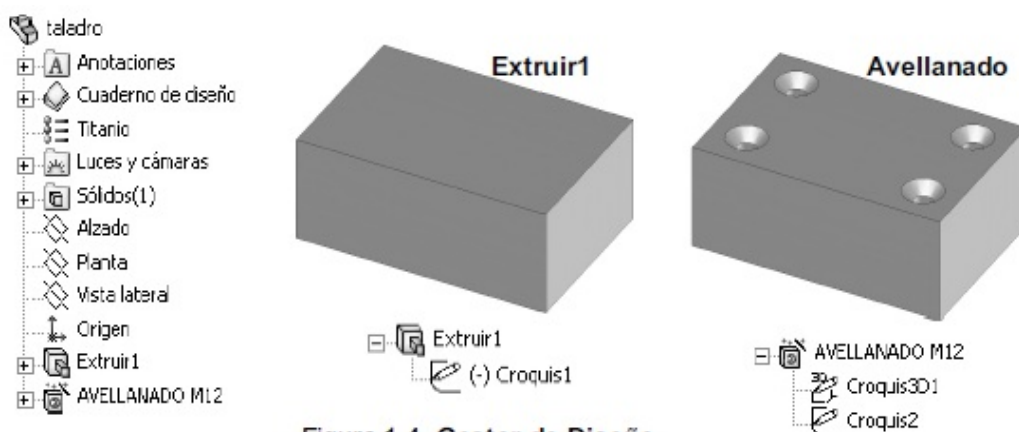


Figura 1.4. Gestor de Diseño.

1.3. Módulos de SolidWorks®

SolidWorks® contiene tres módulos: **Pieza**, **Ensamblaje** y **Dibujo**. En cada uno de ellos se disponen de múltiples herramientas de **Productividad**, **Comunicación** y **Análisis-simulación**.

1.3.1 Pieza

El **Módulo de Pieza** constituye un entorno de trabajo dónde puede diseñar modelos mediante el empleo de herramientas de diseño de operaciones ágiles e intuitivas. Su facilidad de uso se debe al empleo de un entorno basado en **Microsoft Windows®** y en el uso de funciones clásicas como arrastrar y colocar, cortar y pegar o marcar y hacer *clic* con el ratón.

El conjunto de funciones e iconos permiten crear modelos tridimensionales (3D) partiendo de geometrías de croquis (2D) y obtener sólidos, superficies, estructuras metálicas, piezas de chapa, piezas multicuerpo, etc.

Los modelos creados se gestionan mediante el **Gestor de Diseño** dónde se incluyen todas las operaciones 3D y 2D utilizadas en la obtención de la pieza. Puede modificar operaciones sin necesidad de eliminar y volverlas a crear.

El **Módulo de Pieza** está totalmente integrado con el resto de módulos y funcionalidades de forma que cualquier cambio en su modelo 3D se actualiza en el resto de ficheros asociados (**Ensamblajes**, **Dibujo**, etc.) de forma bidireccional.

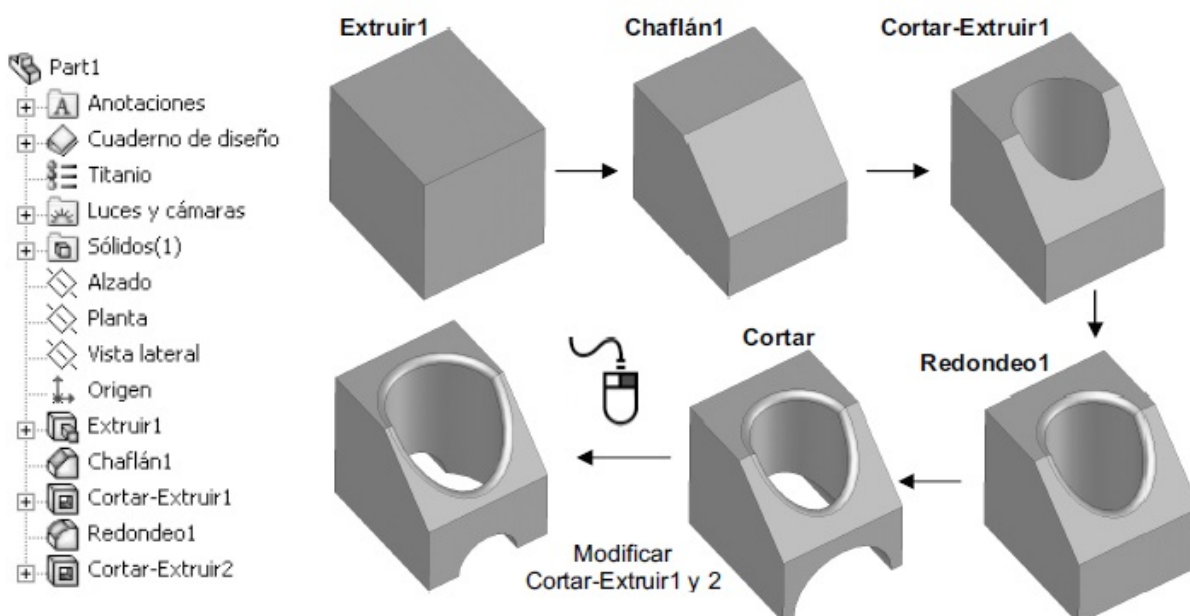


Figura 1.5. Gestor de Diseño. Creación y modificación de operaciones.

1.3.2 Ensamblaje

En **Módulo de Ensamblaje** está formado por un entorno de trabajo preparado para crear conjuntos o ensamblajes mediante la inserción de los modelos 3D creados en el **Módulo de Pieza**. Los ensamblajes se definen por el establecimiento de **Relaciones Geométricas** entre las piezas integrantes.

La creación de ensamblajes permite analizar las posibles interferencias o choques entre los componentes móviles insertados así como simular el conjunto mediante motores lineales, rotativos, resortes y gravedad y evaluar la correcta cinemática del conjunto.

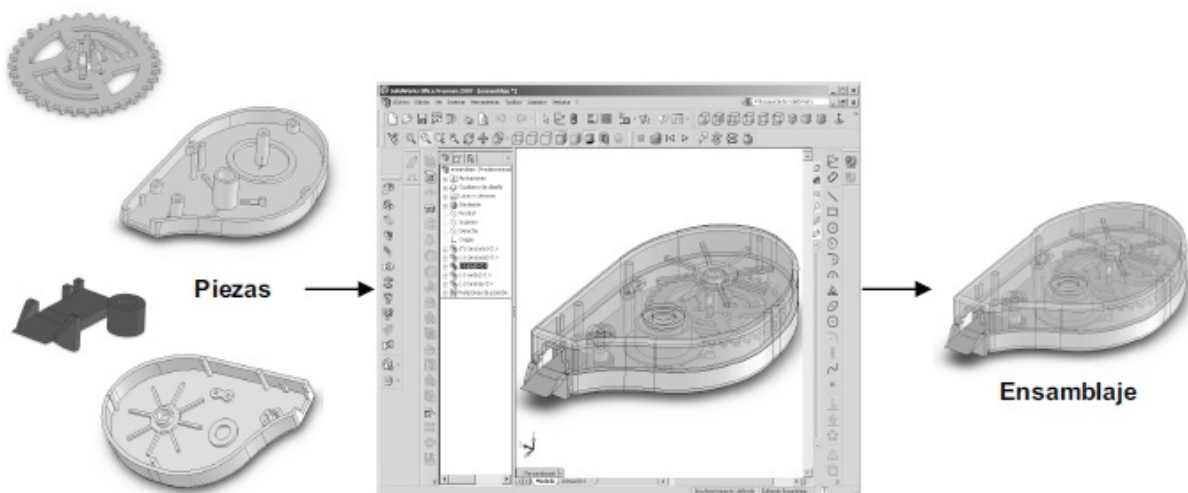
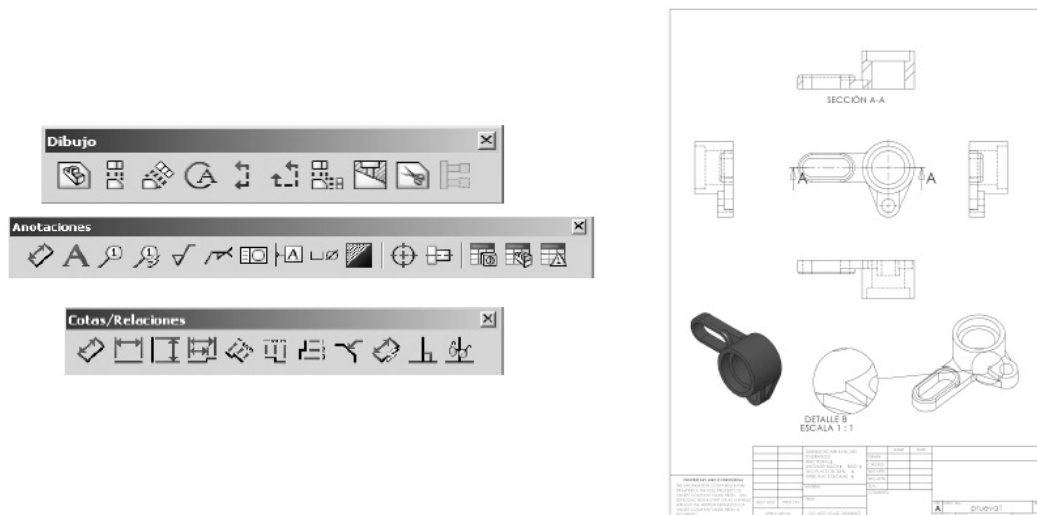


Figura 1.6. Módulo de Ensamblaje de SolidWorks®.

1.3.3 Plano o dibujo

Es el tercer módulo integrado en **SolidWorks®** que permite crear planos con las vistas de los modelos o ensamblajes de forma automática y en muy poco tiempo. La obtención de las vistas, alzado, planta y perfil requiere únicamente pulsar sobre un icono o arrastrar la pieza 3D desde su ventana hasta la ventana del dibujo.

El **Módulo de Dibujo** permite obtener proyecciones ortogonales (**Vistas Estándar**), **Secciones y Cortes**, **Perspectivas**, **Acotación**, **Lista de materiales**, **Vistas Explosionadas**, entre otras muchas funciones. Los documentos de dibujo están totalmente asociados a las piezas y ensamblajes de forma que cualquier cambio en ellas se actualizan en tiempo real en sus planos, sin tener que modificarlos de forma manual.



1.4. Otras aplicaciones de SolidWorks®

Incluidas en la versión Office Professional de SolidWorks®.

1.4.1 Simulación y movimiento

Es una herramienta intuitiva de **Simulación Física** incluida en **SolidWorks®** que permite agregar distintos movimientos a los componentes que forman su ensamblaje para evaluar como la forma, las dimensiones y las relaciones geométricas establecidas entre ellos definen la cinemática de su conjunto. Es una ayuda imprescindible para asegurar la ausencia de interferencias o choques entre los elementos de un ensamblaje.

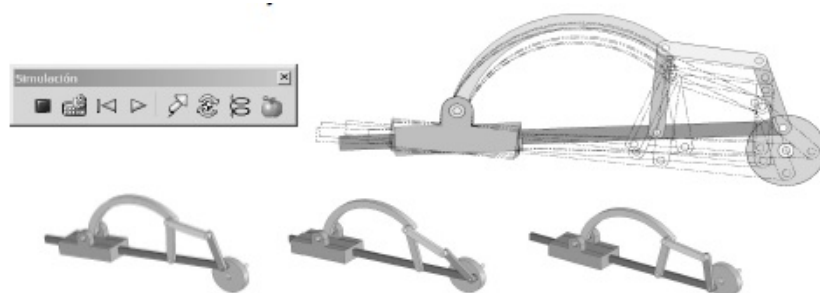


Figura 1.7. Simulación y movimiento con Motor rotativo. Imagen cedida por cortesía J.M del Castillo.

Puede agregar **Motores lineales, Rotativos, Gravedad y Resortes**, animar su conjunto y grabar la animación en formato de video **AVI**. Además, la simulación del movimiento obtenida le ayudará en la definición de las cargas y condiciones de contorno cuando emplee la herramienta **CosmosXpress** para evaluar el comportamiento mecánico de su producto.

1.4.2 Análisis de interferencia

Está formado por herramientas incluidas en el **Módulo de Ensamblaje** cuyo objeto es detectar posibles interferencias en conjuntos o ensamblajes. De entre las principales herramientas destacan aquellas que determinan el volumen real de la interferencia entre dos o más componentes, los taladros de ajuste forzado y las interferencias entre cierres roscados, entre otras.

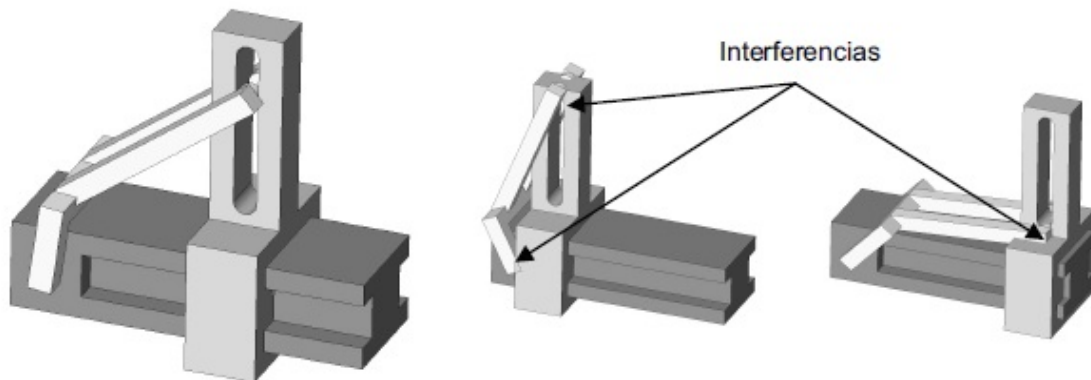


Figura 1.8. Análisis de interferencias.

1.4.3 Del 2D al 3D

Constituye un conjunto de herramientas que le ayudará a convertir sus antiguos o modernos dibujos bidimensionales a una pieza en 3D mediante la definición del croquis y su posterior modelado tridimensional. Útil para convertir proyectos que actualmente se tienen en planos 2D y que desea parametrizar a 3D. Admiten archivos DWG.

SolidWorks® incluye **DWGEditor®**, aplicación que permite modificar, crear y mantener documentos DWG en un entorno muy parecido a AutoCAD®.

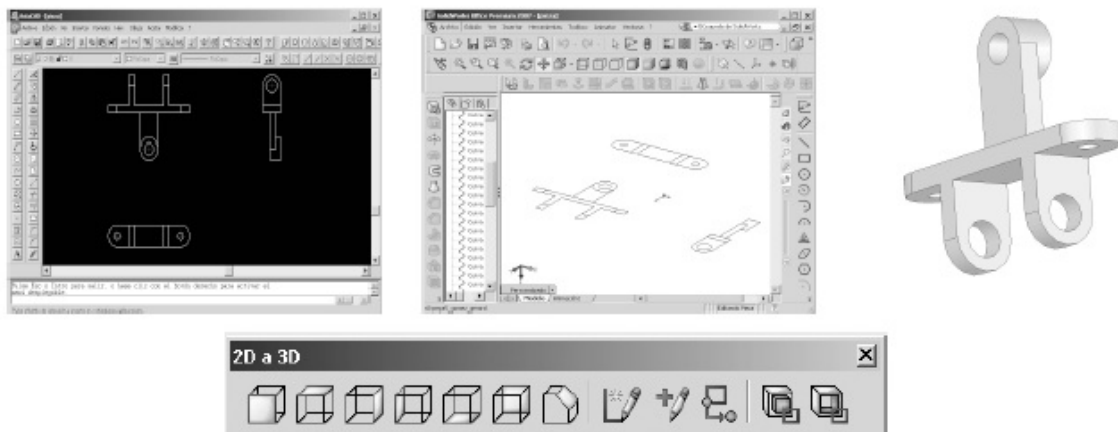


Figura 1.9. Del 2D al 3D. Conversión de planos 2D de AutoCAD® a 3D en SolidWorks®.

1.4.4 Superficies

Constituye un conjunto de herramientas que permiten crear superficies complejas en el modelado de piezas mediante operaciones como **Recubrimientos** o **Barridos** con **Curvas Guía**, operaciones de **Relleno**, entre otras.

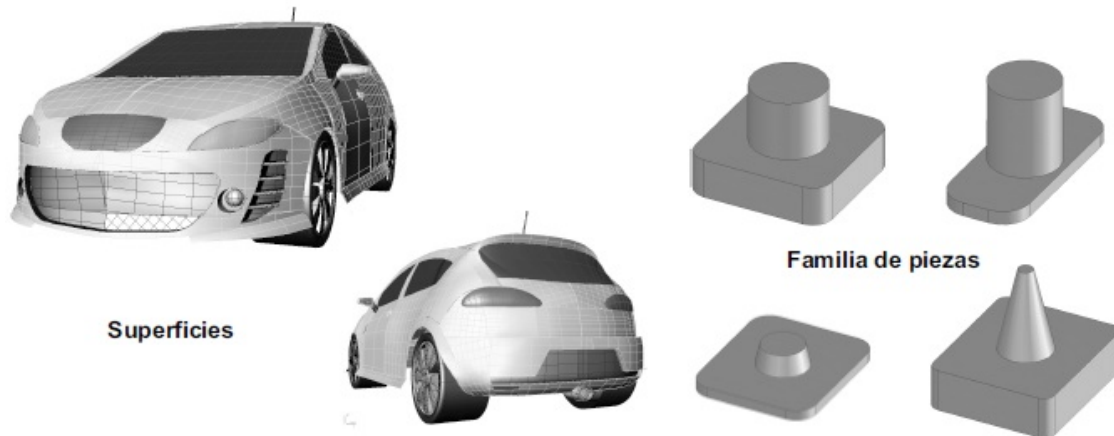


Figura 1.10. Superficies y creación de Familia de piezas con Tablas de Diseño.

1.4.5 Tablas de diseño (configuraciones)

Herramienta que permite obtener gran número de variaciones de un diseño de pieza o ensamblaje (Familia de piezas) en un único documento mediante la variación de las dimensiones, relaciones geométricas u otros parámetros. **SolidWorks®** permite crear una familia de piezas con diferentes configuraciones mediante la creación de una hoja de cálculo en **Microsoft Excel®** y su vinculación a **SolidWorks®**.

1.4.6 Moldes

El **Módulo de moldes** contiene un conjunto de herramientas que permiten obtener la cavidad de un molde de inyección de plásticos (macho-hembra) a partir de una pieza en 3D. Se incluyen funciones como el **Análisis del Ángulo de salida**, creación de la **Línea de partición** y la **Creación automática de la cavidad**, entre otras funciones.

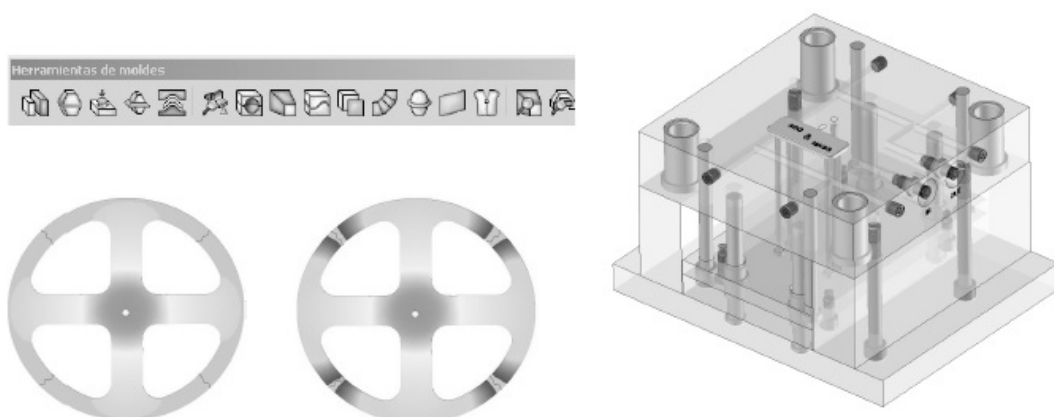


Figura 1.11. Herramientas de moldes. Imagen cedida por cortesía de Miguel Ángel Gómez.

1.4.7 CosmosXpress

Herramienta simplificada de análisis basada en el Método de los Elementos Finitos (FEM) que permite conocer el comportamiento mecánico (tensiones y deformaciones) sufridas por una pieza al ser cargada con fuerzas o presiones después de haber indicado las restricciones de movimiento en alguna de sus caras.

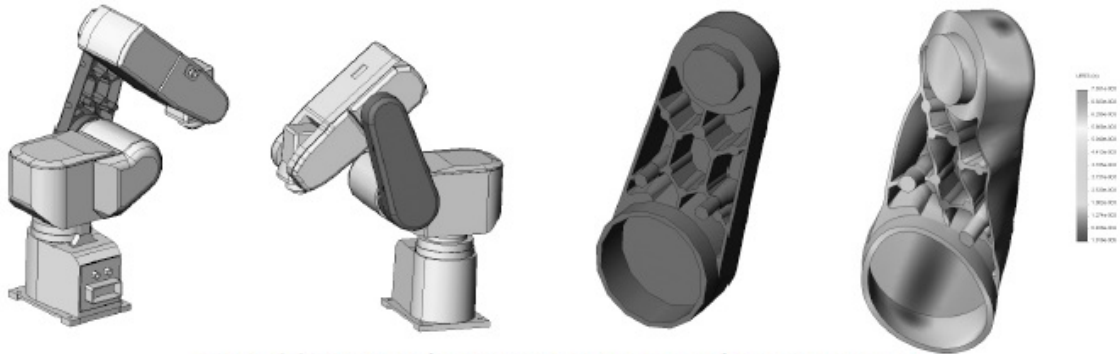


Figura 1.12. Evaluación del comportamiento mecánico de una pieza.

1.4.8 MoldFlowXpress

Herramienta de validación simplificada de Análisis por Elementos Finitos basada en **MoldFlow®**. Simula el proceso de inyección de un termoplástico en la cavidad de un molde. Permite seleccionar el tipo de material, la ubicación de la entrada, la temperatura del frente de flujo y la temperatura del molde.

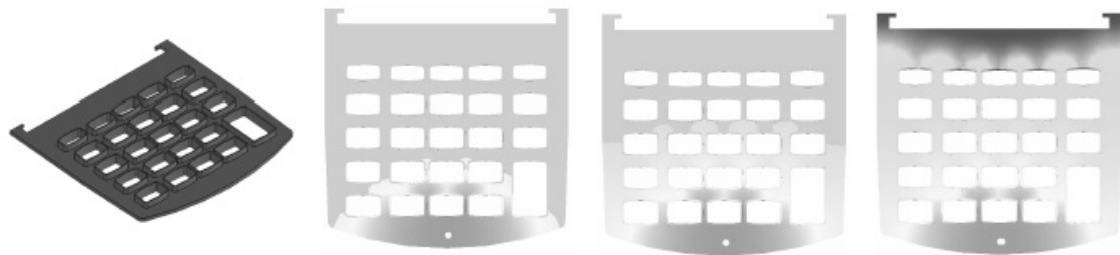


Figura 1.13. Simulación del proceso de inyección.

1.4.9 SmartMates (Tecnología Inteligente)

Las herramientas **SmartMates** permiten ahorrar tiempos de diseño por permitir crear relaciones de posición de forma automática en los ensamblajes.

1.4.10 Chapa metálica

Permite diseñar piezas de **Chapa Metálica** de forma automática y desplegarlas para conocer su geometría desarrollada o plana. Está formado por un conjunto de herramientas de fácil aplicación como: incluir **Doblec**, **Insertar pliegues**, **Remarcar contornos**, introducir **Doblados**, etc.

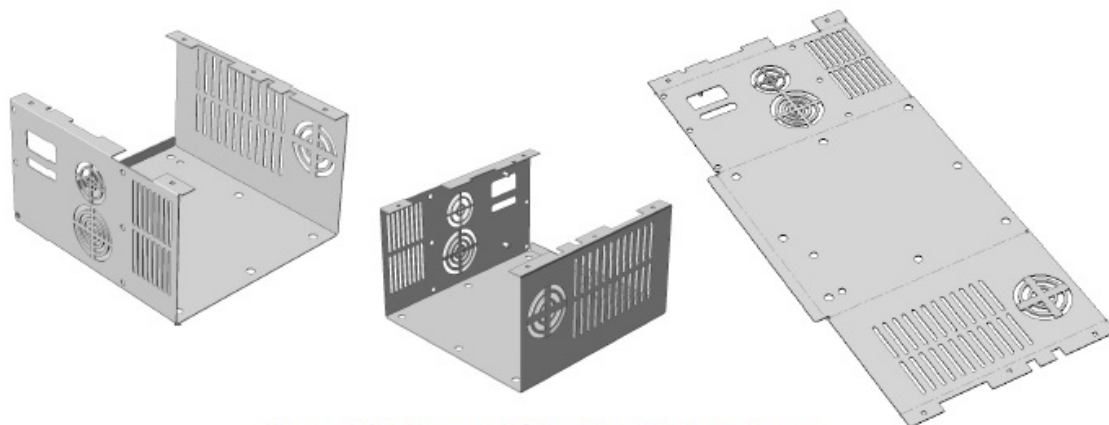


Figura 1.14. Chapa metálica. Desdoblado de chapa.

1.4.11 Traductor IDF

Puede crear modelos de circuitos impresos y sus componentes por la importación de archivos IDF (.emn, .brd y .idb). Los modelos obtenidos forman una sola pieza con la placa y operaciones de extrusión que definen cada uno de los componentes.

1.4.12 Traductores CAD

Integrado en cada uno de los módulos. Permite traducir y reconocer más de 20 ficheros CAD distintos: CGR (CATIA® graphics), HCG (CATIA® highly compressed graphics), Pro/ENGINEER®, IPT (Autodesk Inventor®), Mechanical Desktop®, Unigraphics®, PAR (Solid Edge™), CADKEY®, IGES, STEP, Parasolid®, SAT (ACIS®), VDA-FS, VRML, STL, DWG, DXF™, TIFF, JPG, entre otros.

1.4.13 Lista de materiales

Permite insertar una **Tabla de materiales** y una **Distribución de Globos** en su dibujo para identificar cada una de las piezas, sus cantidades y las propiedades. La inserción automática de **Globos** en un dibujo asigna una numeración a cada pieza y la relaciona con la tabla de materiales.

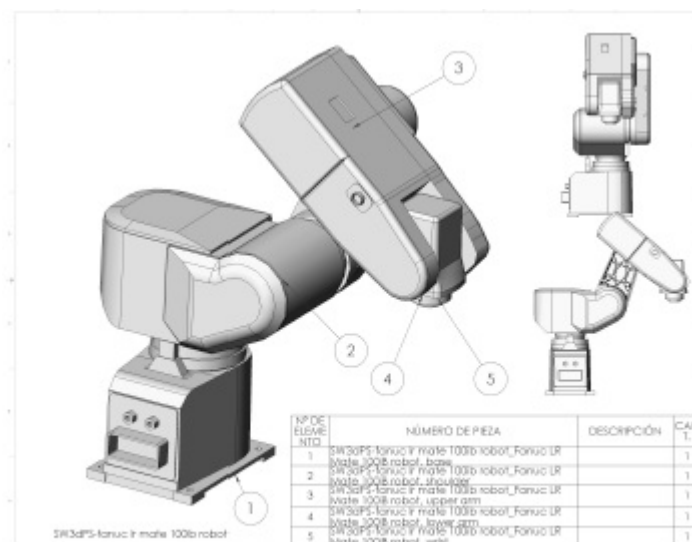


Figura 1.15. Plano con Lista de materiales.

1.5. Herramientas de Colaboración

Las herramientas de colaboración las forman el **eDrawings®**, **PhotoWorks®**, **SolidWorks Animator®**, **SolidWorks Viewer®** y el **3D Instant Website®**. Todas estas aplicaciones permiten compartir y comunicar la información de diseño con terceros a través de Internet.

1.5.1 eDrawing®

Visualizador de ficheros de SolidWorks® que permite comunicar diseños en 2D y 3D sin tener que tener SolidWorks® instalado. Con la versión profesional puede marcar, tomar medidas, visualizar animaciones, ver vistas explosionadas, entre otras funciones. Además puede visualizar ficheros 3D de AutoCAD®, Inventor®, Pro/Engineer®, Catia® V5, Unigraphics® y Solid Edge®.

1.5.2 PhotoWorks®

Es una aplicación útil en la creación de imágenes fotorrealísticas y de alta calidad. Permite mostrar el aspecto final de su diseño antes de tenerlo fabricado y elimina la fabricación de prototipos visuales. Dispone de una extensa **Biblioteca de materiales**, **Texturas** e **Iluminación** que simulan entornos prácticamente reales.

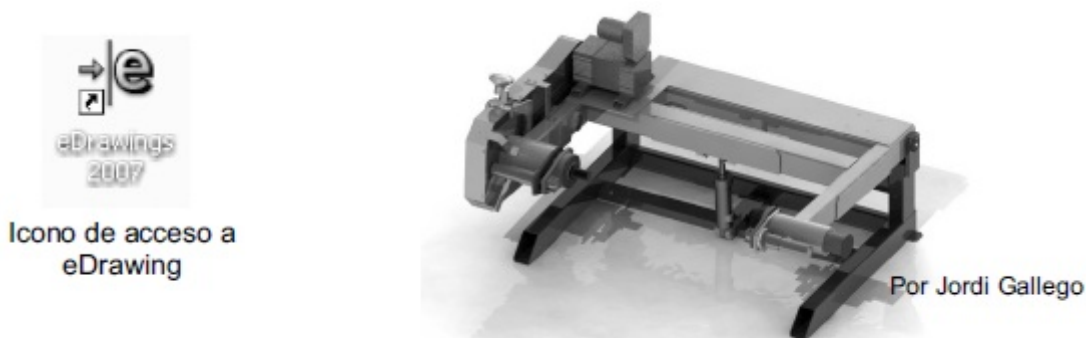


Figura 1.16. Icono de eDrawing. Imagen fotorrealística de una máquina.

1.5.3 SolidWorks Animator®

Permite crear videos en formato **AVI** con las animaciones del producto diseñado. Puede crear animaciones de explosionados, colapsados, rotación de su diseño o animaciones en las que se vea cómo actúan cada uno de los elementos que conforman el conjunto durante su funcionamiento. Las animaciones creadas pueden ser reproducidas por el cliente sin necesidad de tener instalado **SolidWorks®**.

1.5.4 SolidWorks Viewer®

Visualizador de **Piezas, Ensamblajes y Dibujos** incluido en **SolidWorks®**.

1.5.5 3D Instant Website®

Permite comunicar a sus clientes sus productos y nuevos diseños mediante la creación de una página Web interactiva en 3D con formato **XML** y **XSL**. La creación de la página Web se realiza de forma fácil y automática desde **SolidWorks®**. Permite visualizar el contenido de forma interactiva y en 3D con herramientas como **Rotar, Aumentar vista**, entre otras.

1.6. Herramientas de Productividad

Las herramientas de productividad permiten reducir el tiempo de diseño e incluyen soluciones como: **DWGEditor, SolidWorks Toolbox, Solid Utilities, SolidWorks Design Checker, FeatureWorks, SolidWorks Task Schedule, SolidWorks Routing, Scan to 3D y Rhino to SolidWorks Add-in**, entre otras.

1.6.1 DWGEditor®

Es una aplicación incluida en **SolidWorks®** que permite crear y editar dibujos de AutoCAD® con extensión DWG y DXF. Es compatible con las versiones 2.5 hasta la más moderna (AutoCAD® 2008) y su entorno es muy parecido al de AutoCAD®.

1.6.2 SolidWorks Toolbox®

Es una biblioteca de piezas estándar paramétricas que emplea la tecnología **SmartPart** y que está formada por componentes mecánicos como rodamientos, tornillos, tuercas, engranajes, levas, pernos, entre otros. La aplicación incluye otras como una **Calculadora de vigas** capaz de determinar el esfuerzo y la deflexión o una **Calculadora de rodamientos**, útil en la determinación de la capacidad y vida de un rodamiento, entre otras aplicaciones.

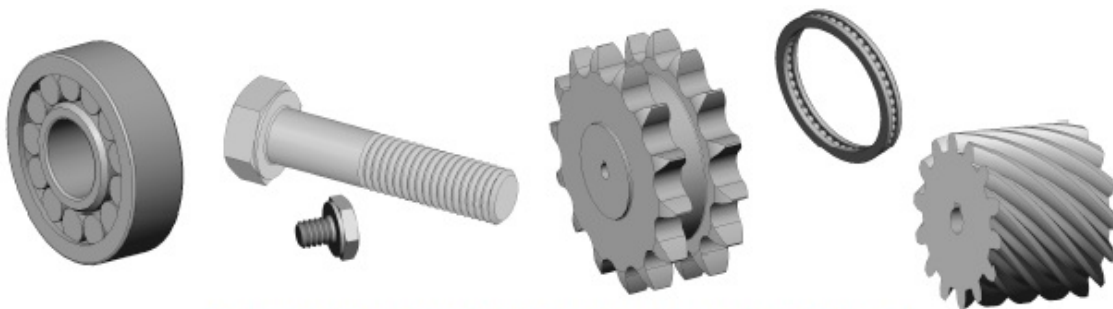


Figura 1.17. Elementos normalizados creados con Toolbox.

1.6.3 Solid Utilities®

Es una aplicación que permite conocer las diferencias entre dos versiones de la misma pieza además de **Suprimir** o **Modificar** las operaciones efectuadas en una de ellas.

1.6.4 SolidWorks Design Checker®

Es una herramienta muy útil en la confección de planos que le indicará los elementos que no cumplen con los estándares definidos. Es una aplicación que puede ayudar a revisar los planos de forma automática antes de enviarlos a un cliente.

1.6.5 FeatureWorks®

Permite reconocer la geometría 3D de modelos importados en formatos diferentes a los nativos de **SolidWorks®** y generar el árbol de operaciones de forma automática. Su empleo ayuda a mejorar la capacidad de edición y la modificación de las geometrías importadas.

1.6.6 Scan to 3D®

Permite importar una nube de puntos escaneados para convertirlos en superficies o sólidos editables en **SolidWorks®**.

1.6.7 SolidWorks Task Schedule®

Aplicación que permite ejecutar aquellas tareas que consumen demasiado tiempo cuando no se está presente frente al ordenador. De esta forma puede programar que se realicen de forma automática cálculos o la impresión por lotes sin estar presente.

1.6.8 SolidWorks Routing®

Aplicación para la creación de tubos, cañerías, cables eléctricos o colectores de cable de forma automática y precisa. Útil en el diseño de máquinas, instalaciones o cualquier elemento que emplee enrutamientos. Convierte las rutas 2D en 3D de forma automática y ofrece la lista de materiales creados así como información sobre sus conexiones.



Figura 1.18. Scan to 3D y SolidWorks Routing.

1.6.9 Rhino to SolidWorks Add-in®

Herramienta que facilita la comunicación y colaboración entre **Rhinoceros 3D®** y **SolidWorks®**. Permite abrir ficheros .3dm de **Rhinoceros 3D®** sin necesidad de convertirlos a formatos estándar como IGES o parasólidos.

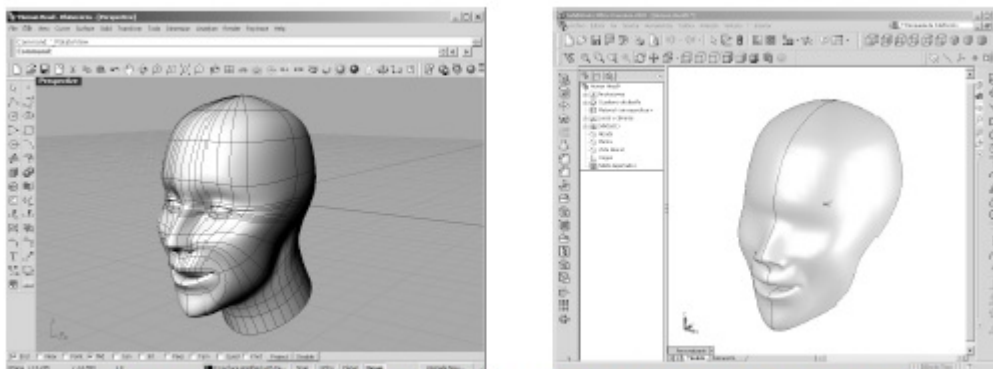


Figura 1.19. Comunicación entre Rhinoceros 3D y SolidWorks®.

1.7. Gestión de proyectos

SolidWorks® contiene un conjunto de soluciones que permiten gestionar proyectos mediante la administración de archivos CAD y la gestión de información de productos (PDM). Su empleo facilita el control de las revisiones efectuadas en los proyectos y la trazabilidad de la información.

1.7.1 SolidWorks Explorer®

Es un administrador de archivos CAD intuitivo basado en Windows Explorer®. Permite localizar **Piezas**, **Ensamblajes**, **Dibujos** u otros ficheros CAD generados en el equipo del usuario, en la **Biblioteca de Diseño** de Internet o en la Web de **3D ContentCentral**.

1.7.2 PDMworks Workgroup®

Es una herramienta que permite gestionar la información de los proyectos cuando se trabaja de forma individual o colectiva.

1.8. Herramientas de Análisis y Simulación avanzadas

Forman un conjunto de soluciones integradas en **SolidWorks®** que emplean el Método de los Elementos Finitos para analizar y simular el comportamiento mecánico (**COSMOSWorks®**), el comportamiento cinemática y dinámico (**COSMOSMotion®**) y el comportamiento de fluidos (**COSMOSFlowWorks®**).

1.8.1 COSMOSWorks®

COSMOSWorks® es la aplicación completa que permite estudiar el comportamiento mecánico de sus modelos 3D de forma más precisa y teniendo en cuenta otros aspectos que no son evaluados por **COSMOSXpress®**.



Figura 1.20. Barras de herramientas de **COSMOSWorks®**.

1.8.2 COSMOSMotion®

Aplicación que permite estudiar las condiciones de funcionamiento de un ensamblaje por la simulación del movimiento de sus partes integrantes. Combina el movimiento basado en las condiciones físicas con las restricciones geométricas y contiene una gran variedad de herramientas de visualización de resultados: aceleración, vector de fuerza, colisiones, etc. Es una herramienta adecuada para crear prototipos virtuales y validar el funcionamiento del mecanismo diseñado.



Figura 1.21. Barras de herramientas de **COSMOSMotion®**.

1.8.3 COSMOSFlowWorks®

Herramienta de dinámica de fluidos que permite simular transferencia de calor, flujos compresibles, subsónicos y supersónicos, mezcla de gases, cavitación, entre otras.

La aplicación está totalmente integrada en **SolidWorks®** ofreciendo un entorno de trabajo y unos cuadros de diálogo intuitivos y familiares. Funciona mediante un asistente que permite configurar el análisis y resolver el problema de forma rápida y sencilla.

1.9. Soluciones de diseño con SolidWorks®

SolidWorks® se comercializa en tres versiones: **SolidWorks® Office Premium**, **SolidWorks® Office Professional** y **SolidWorks®**. La versión más completa es la **Premium** que incluye todas las herramientas disponibles para el diseño, validación, gestión y comunicación de proyectos. Las otras dos versiones contienen menos herramientas y cada una de ellas es aplicable en función de sus necesidades de uso.

SolidWorks® Office Premium. Es la solución más completa de las tres. No sólo permite diseñar piezas, ensamblajes y realizar los planos de sus diseños sino que además ofrece todas las herramientas de **Verificación, Simulación, Gestión, Validación** y **Comunicación del diseño**.

SolidWorks® Office Professional. Incluye el programa CAD (pieza, ensamblaje y dibujo) y las mismas aplicaciones que la versión **Premium** excepto **SolidWorks Routing, ScanTo 3D** y las herramientas avanzadas de validación **COSMOS®**.

SolidWorks®. Solución simple que contiene el programa de CAD en 3D **SolidWorks®** y las herramientas sencillas de simulación **COSMOSXpress®** y **MoldFlowXpress®**. Además incluye el **DWGeditor®** para crear, gestionar y modificar documentos realizados en **AutoCAD®**.

	SolidWorks®	SolidWorks® Office Profesional	SolidWorks® Office Premium
Software de CAD en 3D de SolidWorks	•	•	•
DWGeditor	•	•	•
COSMOSXpress	•	•	•
MoldFlowXpress	•	•	•
eDrawings Professional		•	•
SolidWorks Utilities		•	•
SolidWorks Animator		•	•
Toolbox		•	•
FeatureWorks		•	•
PhotoWorks		•	•
Programador de tareas de SolidWorks		•	•
3D Instant Website		•	•
SolidWorks Design Checker		•	•
PDMWorks Workgroup		•	•
SolidWorks Routing			•
COSMOSWorks Designer			•
COSMOSMotion			•
ScanTo3D			•

Figura 1.22. Versiones de SolidWorks®.

1.10. Ámbitos de aplicación de SolidWorks®

Actualmente la herramienta de diseño mecánico **SolidWorks®** se emplea en sectores tan diversos como el Aeroespacial, Automoción, Defensa, Educación y Universidades, Ingeniería civil, Ingeniería industrial, Ingeniería marina, Ingeniería mecánica Investigación y desarrollo y en Simulación, entre otros campos.

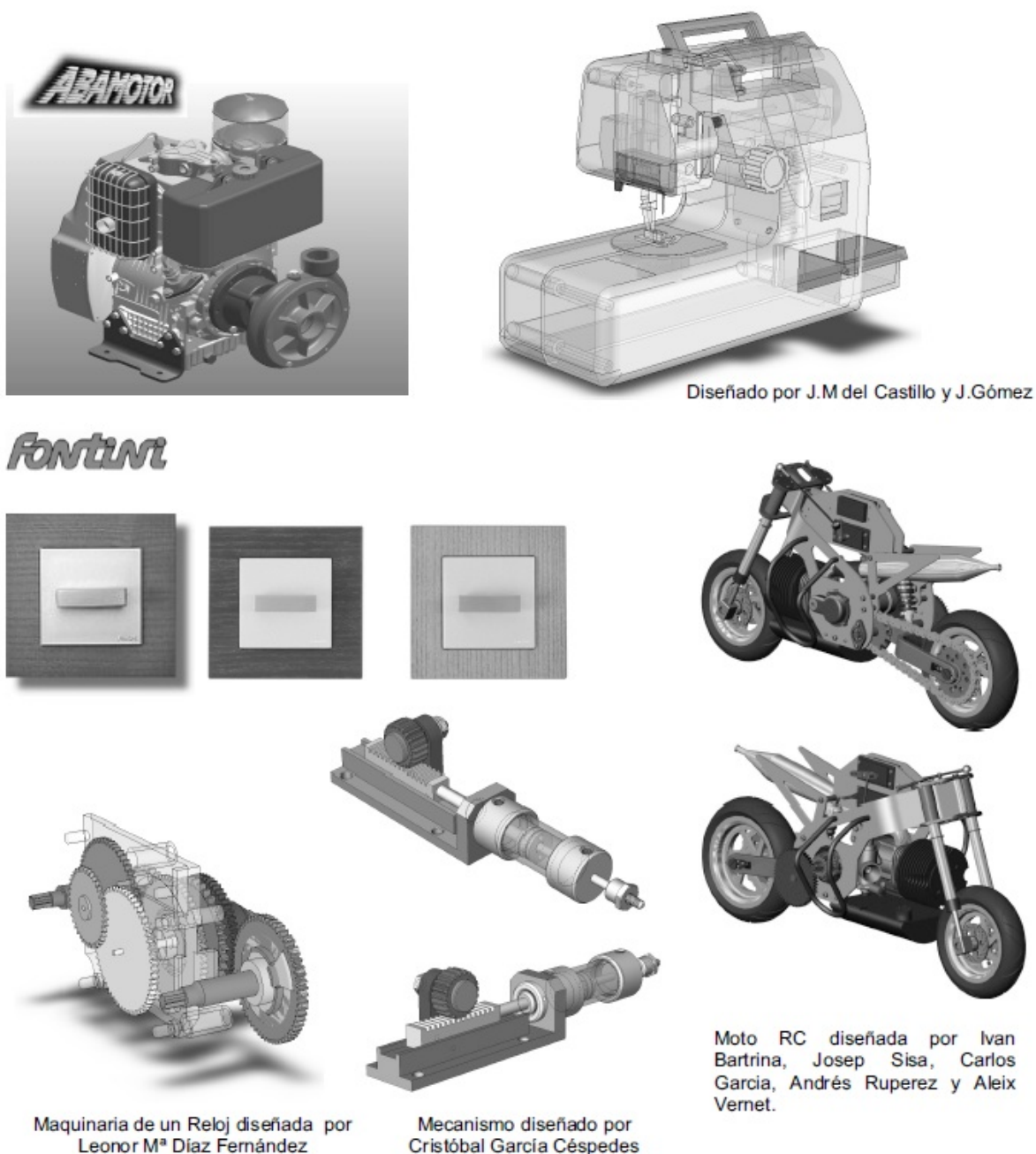


Figura 1.23. Diferentes ámbitos de aplicación de SolidWorks®.

2. ANSYS

ANSYS es un software de Elementos Finitos que permite realizar tareas como:

- Construir o importar modelos de estructuras, productos, componentes o sistemas.
- Aplicar cargas al elemento creado.
- Estudiar las respuestas físicas, tales como niveles de esfuerzo, distribuciones de temperatura o campos electromagnéticos.
- Optimizar diseños existentes.
- Realizar pruebas virtuales sobre componentes en etapa de diseño.

ANSYS ofrece una interfaz gráfica sencilla. Este capítulo se dedicará a estudiar el funcionamiento de dicha interfaz, así como otros aspectos importantes para aprovechar el gran potencial que ofrece el software.

2.1. INICIO DEL PROGRAMA

Una vez instalado el programa, se inicia seleccionando desde la barra de herramientas de su sistema operativo *Inicio>Programas>AnsysXX*, lo cual desplegará el menú de la Figura 2.1.

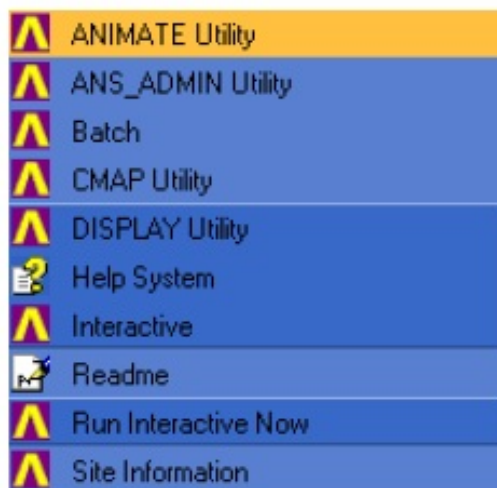


Figura 2.1. Menú de inicio de ANSYS.

Al elegir *Interactive* se abrirá la ventana mostrada en la Figura 2.2. Esta pantalla de inicio muestra diversos parámetros para la ejecución del programa. Los parámetros más importantes son los siguientes:

- *Product Selection*: producto de la familia de ANSYS que se desea utilizar.
- *Working Directory*: directorio de trabajo, en donde todos los archivos del modelamiento serán guardados. Por defecto es el último directorio especificado; si no se ha especificado alguno, será el directorio de ANSYS.
- *Graphics Device Name*: especifica el dispositivo gráfico que controlará el ambiente de ANSYS. Se puede seleccionar 3D si se tiene una tarjeta de video que soporte gráficos 3D.
- *Initial Jobname*: nombre del proyecto a desarrollar en ANSYS. Por defecto es el último nombre especificado; si no se ha especificado alguno, este nombre será *file*.
- *Memory Requested*: espacio de memoria para el trabajo de ANSYS.

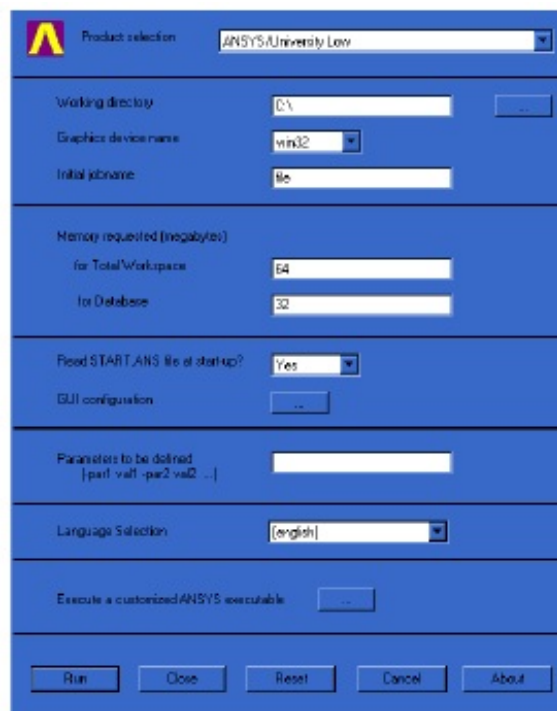


Figura 2.2. Pantalla de parámetros de ejecución de ANSYS.

Para iniciar el programa, se seleccionará el botón *Run*. La ventana de la Figura 2.2 se cierra y se abrirá el entorno gráfico de ANSYS. Una segunda forma de iniciar el trabajo con ANSYS es escoger en el menú de inicio la opción *Run Interactive Now*; en este caso, la ventana anterior no se muestra, y el programa trabaja con todos los valores por defecto.

2.2. INTERFAZ GRÁFICA DE ANSYS

El entorno gráfico de ANSYS se compone de seis ventanas:

- Menú de Utilidades (*ANSYS Menu*): contiene funciones de aplicación general como control de archivos, de selección, de gráficos, acceso a la ayuda, y otros parámetros generales del programa.
- Ventana de Comandos (*ANSYS Input*): muestra mensajes del programa y permite la introducción de comandos mediante teclado.
- Barra de Acceso Rápido (*ANSYS Toolbar*): permite acceder a las funciones más usadas en ANSYS; se puede personalizar para añadir los botones deseados.
- Menú Principal (*ANSYS Main Menu*): contiene las funciones principales de ANSYS; está organizado por procesadores, sugiriendo la secuencia de ejecución de los comandos en una sesión de ANSYS.
- Ventana de Salida (*ANSYS Output Window*): muestra los mensajes de salida del programa.
- Ventana de gráficos (*ANSYS Graphics*): muestra las gráficas generadas por el programa.

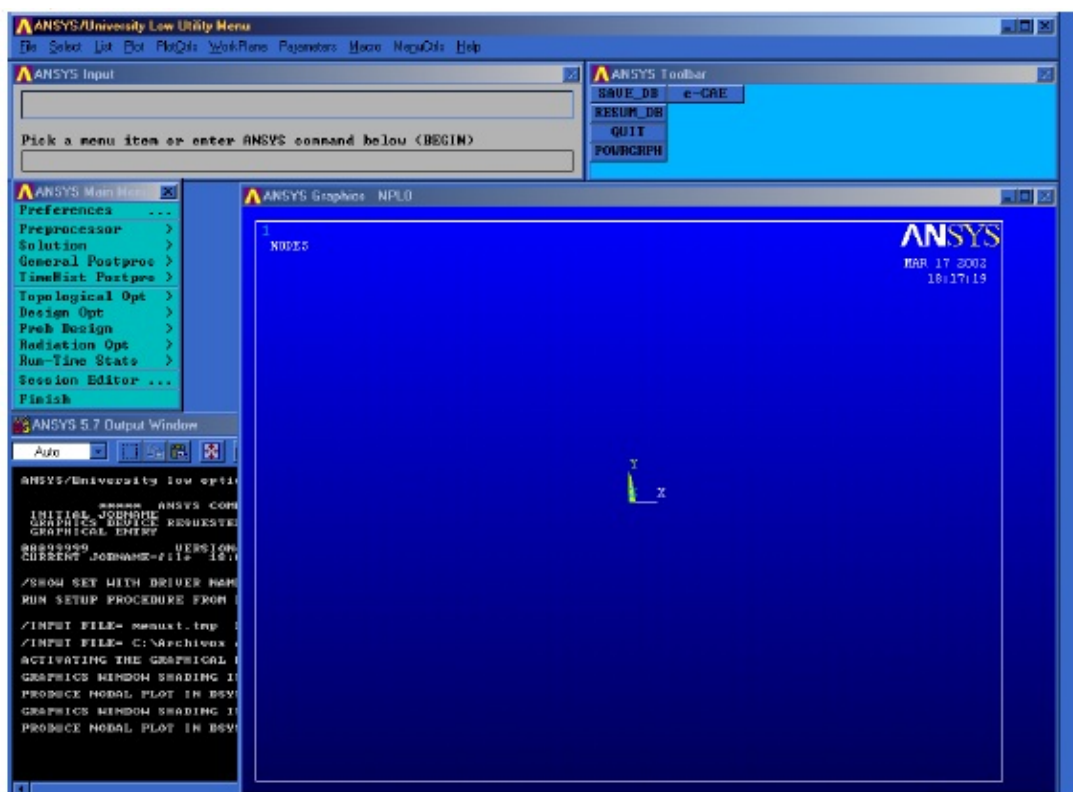


Figura 2.3. Entorno gráfico de ANSYS.

2.3. ESTRUCTURA DEL MENÚ PRINCIPAL

Los menús, submenús y cajas de diálogo están organizados en bloques de comandos, separados por una línea horizontal. El menú principal, por ejemplo, contiene cinco bloques de comandos, como se observa en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Menú principal.

Los comandos seguidos por el símbolo ">" indican la existencia de un submenú, que se abre como una ventana independiente; los comandos seguidos del símbolo "..." indican la apertura de una ventana de diálogo; los comandos con un símbolo "+" señalan el despliegue de una ventana de selección, y los comandos que no preceden un símbolo indican la ejecución de la acción indicada.

2.4. VENTANAS DE DIÁLOGO

Las ventanas de diálogo presentan dos botones diferentes para la ejecución de una acción; el botón *OK* ejecuta la acción y cierra la ventana de diálogo, mientras que el botón *Apply* ejecuta la acción pero no cierra la ventana de diálogo, de forma que el comando se puede ejecutar repetidamente.

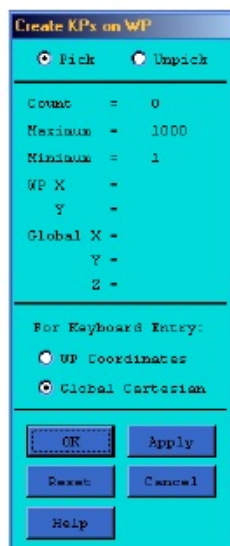


Figura 2.5. Ventana de diálogo.

2.5. MENÚ DE DESPLIEGUE GRÁFICO

El despliegue de los gráficos en la ventana correspondiente se puede controlar mediante el menú *Pan, Zoom, Rotate*, que aparece en la Figura 2.6. Esta ventana aparece a la derecha del entorno de ANSYS, y se obtiene seleccionando en el menú de utilidades *PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate...*

En la parte superior se puede seleccionar la ventana a la que se aplicarán los cambios de despliegue. El segundo bloque de comandos contiene botones para observar el modelo desde diferentes puntos de vista: *Top* (Superior, observador en +Y), *Bot* (Inferior, observador en -Y), *Front* (Frente, observador en +Z), *Back* (Posterior, observador en -Z), *Left* (Izquierda, observador en -X), *Right* (Derecha, observador en +X), *Iso* (Isométrica, observador en 1,1,1), *Obliq* (Oblicua, observador en 1,2,3) y *WP* (Despliega el modelo como fue dibujado en el plano de trabajo).

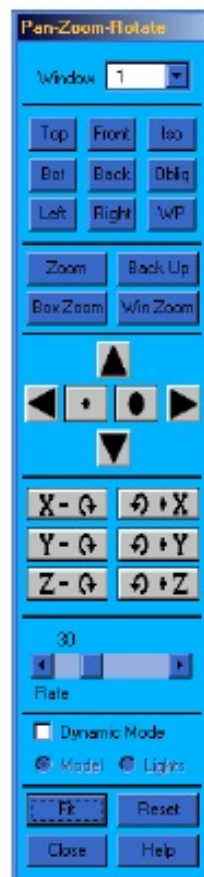


Figura 2.6. Menú *Pan-Zoom-Rotate*.

El tercer bloque de comandos permiten acceder a las diferentes opciones de zoom. El cuarto bloque permite mover el modelo siguiendo las indicaciones de los botones en las seis direcciones posibles: adelante – atrás (círculos), izquierda – derecha (flechas), arriba – abajo (flechas). El quinto bloque permite rotar el modelo alrededor de los ejes coordenados.

El sexto bloque permite activar el modo de control dinámico, en el que se puede modificar la presentación del modelo o su iluminación haciendo uso de los botones del ratón. Este modo dinámico también se puede activar manteniendo oprimida la tecla *Ctrl*. En este modo, el modelo se puede mover en la pantalla con el botón izquierdo del ratón, o se puede rotar alrededor de los ejes X y Y con el botón derecho del mismo.

2.6. PLANO DE TRABAJO

El plano de trabajo (*working plane*) es un plano de referencia móvil que se presta como referencia para realizar un modelo. El menú de utilidades contiene un submenú denominado *WorkPlane* (WP), que se puede observar en la Figura 2.7.

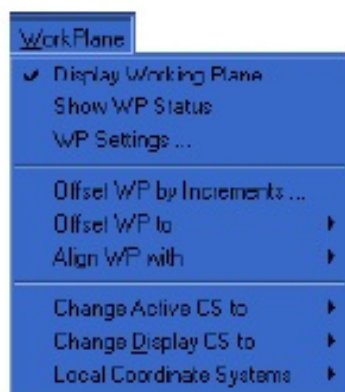


Figura 2.7. Submenú *Working Plane*.

El primer bloque de comandos se refiere a los controles del WP; el segundo bloque presenta algunas opciones para mover el WP, y el tercer bloque contiene opciones relacionadas al sistema de coordenadas. Para desplegar el WP se debe seleccionar el primer comando, *Display Working Plane*. El comando *WP Settings...* permite abrir una ventana de comandos adicional, que aparece a la derecha de ANSYS y se observa en la Figura 2.8.



Figura 2.8. Ventana de comandos *WP Settings*.

La ventana de comandos permite seleccionar entre un plano de trabajo cartesiano o polar. Se puede observar en la pantalla la triada (indicación del sistema de coordenadas), la rejilla (grilla) o las dos entidades al tiempo. El espaciado se puede modificar de acuerdo a las necesidades particulares de cada dibujo, y se indican además las coordenadas mínima y máxima de la rejilla. En este menú se puede activar la opción de *Snap*, que permite seleccionar coordenadas sobre el plano de trabajo de acuerdo al incremento especificado.

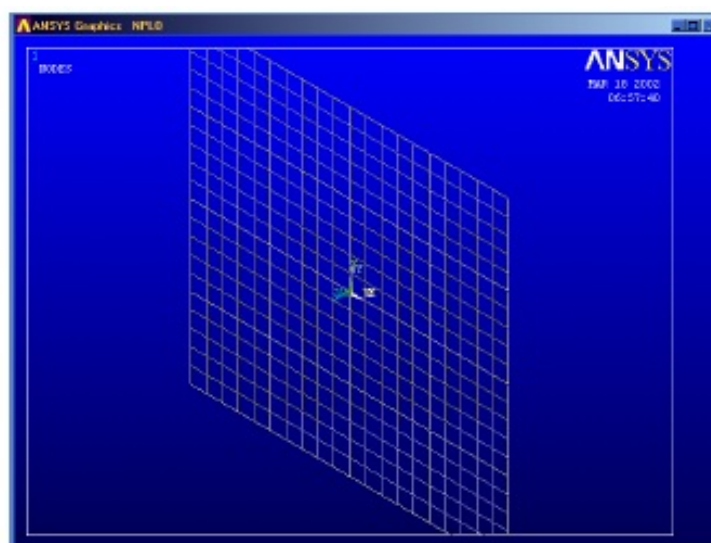


Figura 2.9. Área de gráfico mostrando la rejilla y la triada.

El plano de trabajo puede moverse a voluntad dentro del espacio de modelado. Para ello se usa el segundo bloque de comandos del menú mostrado en la Figura 2.7. El comando *Offset WP by increments...* abre el menú mostrado en la Figura 2.10 y lo muestra en la parte derecha de ANSYS; los comandos mostrados permiten mover el plano de trabajo (trasladarlo o rotarlo). El submenú *Offset WP to* permite mover el plano de trabajo a una ubicación determinada. El submenú *Align WP with* permite alinear el plano de trabajo con una ubicación definida por el usuario.

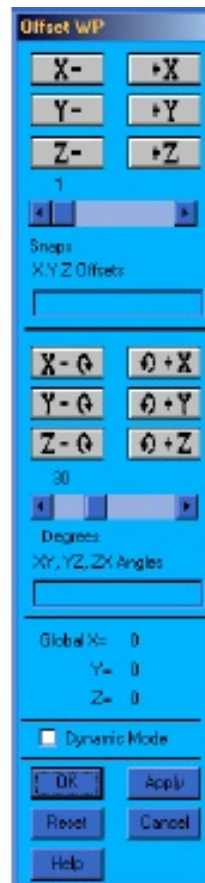


Figura 2.10. Menú *Offset WP by increments*.

2.7. VENTANAS DE SELECCIÓN DE OBJETOS

Estas ventanas aparecen cada vez que se selecciona un comando seguido de un símbolo "+". Existen dos modos de selección: de ubicación, para localizar las coordenadas de un nuevo punto, y de recuperación, para seleccionar entidades existentes en ANSYS. La Figura 2.11 muestra las dos ventanas características de los modos de picado; a la izquierda se observa una ventana para selección de coordenadas, y a la derecha una para selección de entidades.



Figura 2.11. Ventanas de selección de objetos.

El botón izquierdo del ratón se usa para seleccionar los objetos deseados. El botón derecho permite alternar entre los modos de selección (*Pick*) y desección (*Unpick*) de objetos. La selección de entidades puede realizarse de diversas formas: uno a uno, en caja, en ciclo, etc.

Las ventanas despliegan la información relativa a la selección realizada a medida que se va ejecutando la acción.

2.8. ACCESO A LA AYUDA

La ayuda de ANSYS se puede acceder de tres formas distintas: desde el menú de inicio de Windows, desde el menú de utilidades, o desde cualquier ventana de diálogo. La ayuda permite acceder a los manuales incluidos con el programa (Manual básico, de elementos, de procedimientos, etc.) y a los tutoriales de modelamiento en el programa.

2.9. FINALIZACIÓN DE LA SESIÓN

El programa se puede cerrar mediante el botón *Quit* en la barra de herramientas, o seleccionando en el menú *File>Exit*. Esto presentará la ventana de la Figura 2.12, en la que se observan diferentes opciones para terminar la sesión con ANSYS.

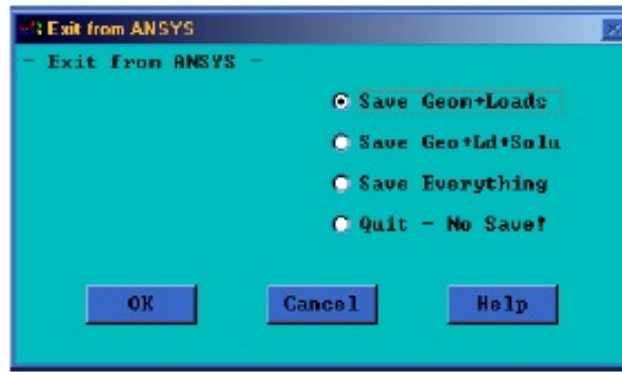


Figura 2.12. Ventana de salida de ANSYS.

2.10. ARCHIVOS PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN

Durante una sesión de trabajo, ANSYS lee y escribe diversos archivos con los datos del análisis. Estos archivos están identificados con el nombre del trabajo (*jobname*) y una extensión. El nombre de trabajo se selecciona en la ventana inicial de parámetros (Figura 2.2), pero se puede cambiar ejecutando desde el menú el comando *File>Change Jobname*.

El nombre por defecto para la sesión es *file*. La extensión identifica al tipo de archivo; los principales archivos son los siguientes:

- .DB, .DBB: base de datos del problema.
- .LOG, .LGW: registro de los comandos ejecutados en la sesión.
- .RXX: archivo de resultados; por ejemplo, para análisis estructural tienen la extensión .RST.
- .ERR: registro de los errores presentados durante la sesión.

ANSYS no permite deshacer los comandos ya ejecutados, por lo que se deben utilizar los archivos de base de datos para guardar los pasos importantes en un modelamiento. La selección de *File* en el menú de utilidades despliega el menú mostrado en la Figura 2.13; los comandos *Save as Jobname.db* o *Save as...* permiten guardar la base de datos.

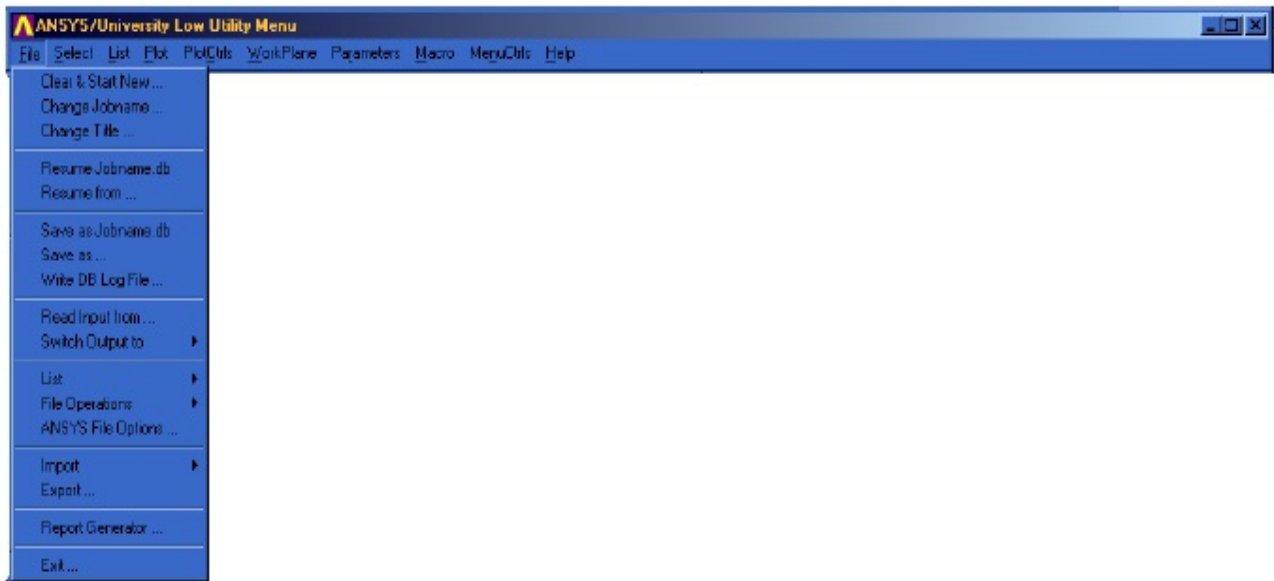


Figura 2.13. Menú *File*.

Los archivos de base de datos se pueden recuperar mediante los comandos *Resume...* Estos comandos también pueden accederse desde la barra de herramientas.

ANSYS mantiene una copia de segundo nivel de su base de datos; si no se ha cambiado el *jobname*, guarda la anterior base de datos con la extensión *.DBB*. Si se activa dos veces el comando de guardar la base de datos, se estará guardando dos veces la misma base de datos (con las extensiones *.DB* y *.DBB*). Se debe guardar frecuentemente la base de datos, especialmente antes de realizar operaciones que causen cambios importantes en el modelo. De esta forma, si se comete algún error se puede deshacer la operación efectuada recuperando la base de datos inmediatamente anterior.

ANEXO 5

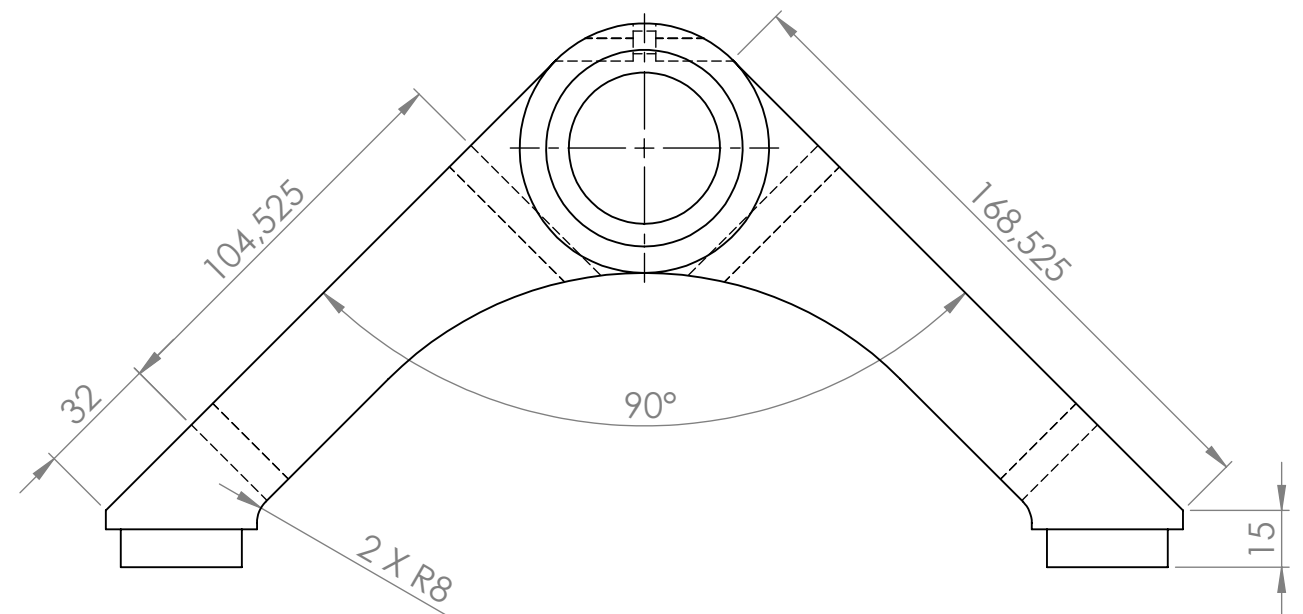
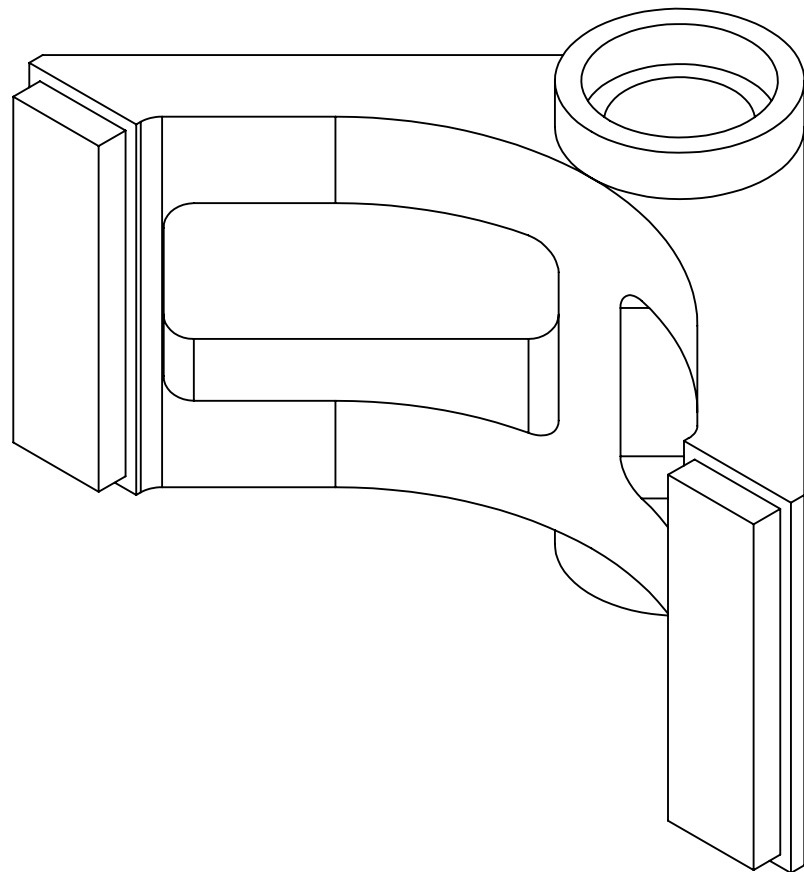
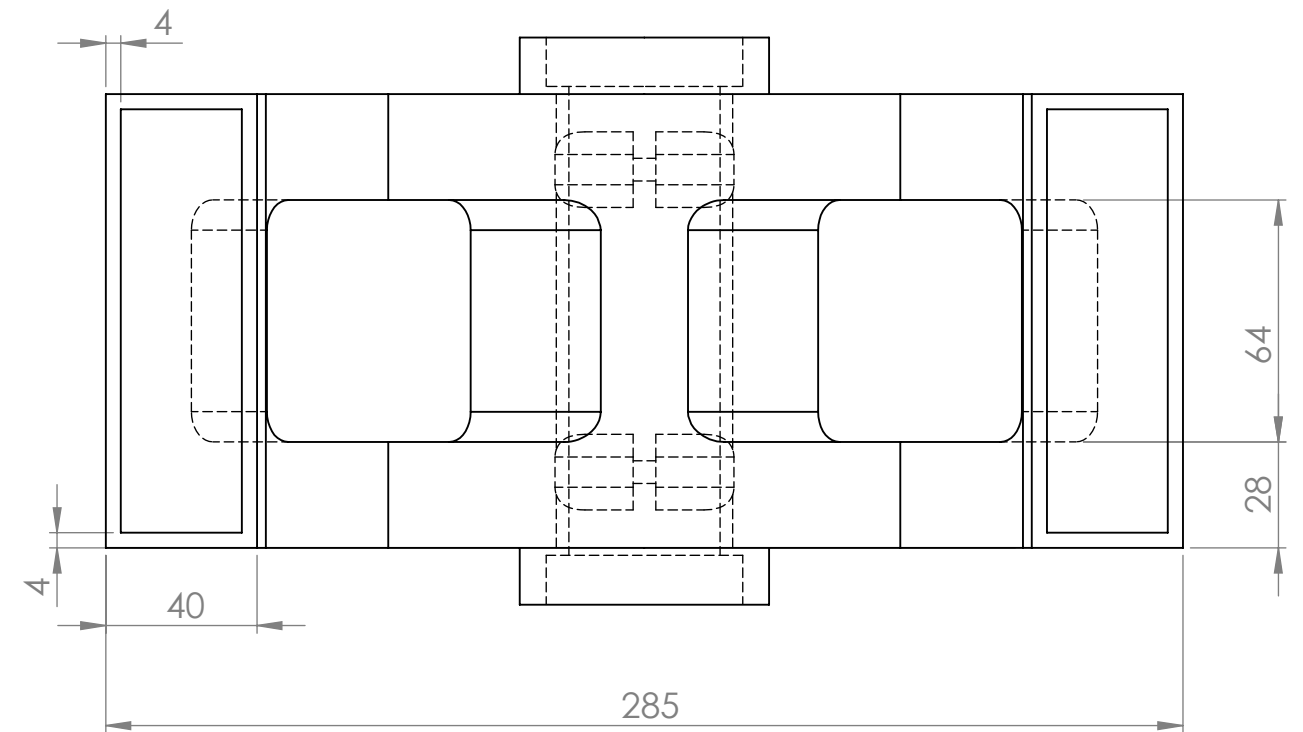
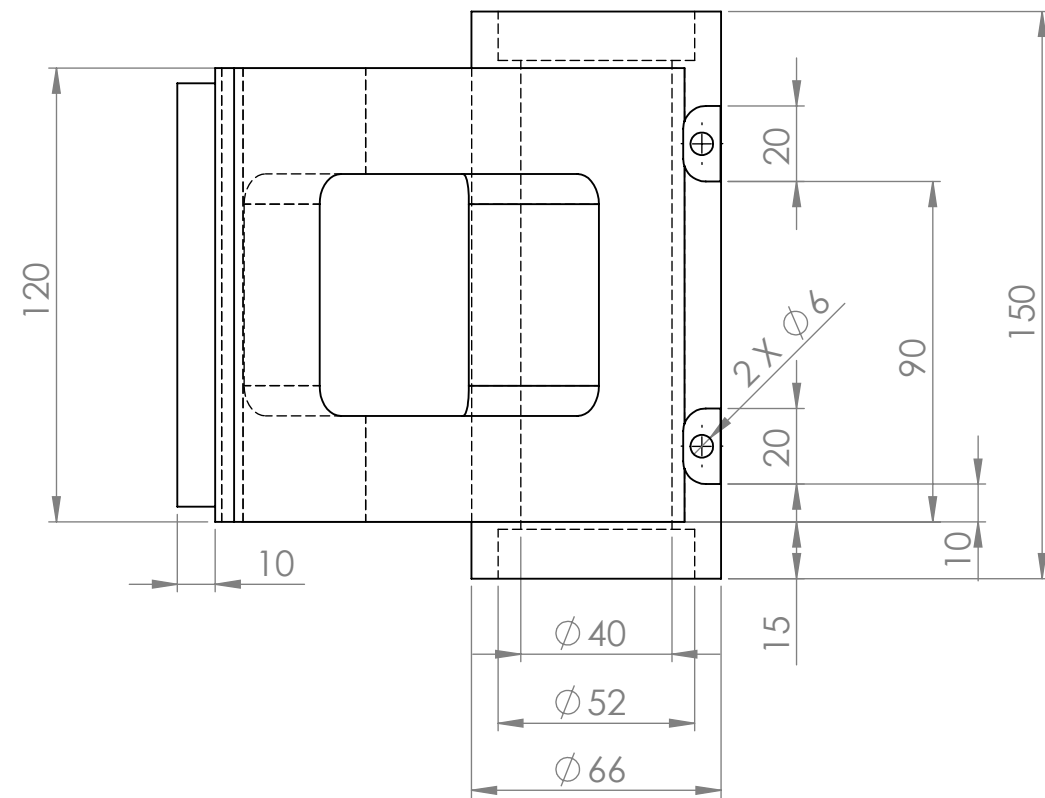
PLANOS

En este anexo se plasmarán los planos de cada uno de los componentes del chasis, con el fin de facilitar el proceso de fabricación, sirviendo de apoyo a los croquis presentes en el Capítulo 9.

Estos planos presentarán todas las vistas necesarias, junto con la totalidad de las cotas, definiendo por completo las piezas.

A continuación, se procederá a enumerar uno a uno todos los componentes del chasis, mostrando los planos de cada uno de ellos.

Estarán recogidos los planos de: perfil de viga, vigas, pipa de dirección, pletinas, sujeción delantera del motor, tubo para sujeción de suspensión trasera, pletinas para sujeción de suspensión trasera y perfil para sujeción de suspensión trasera.

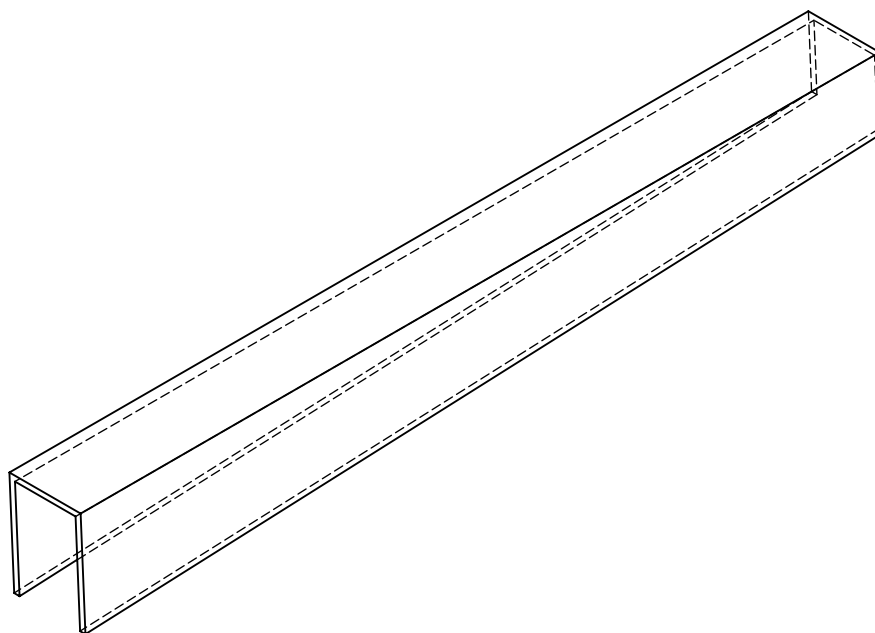
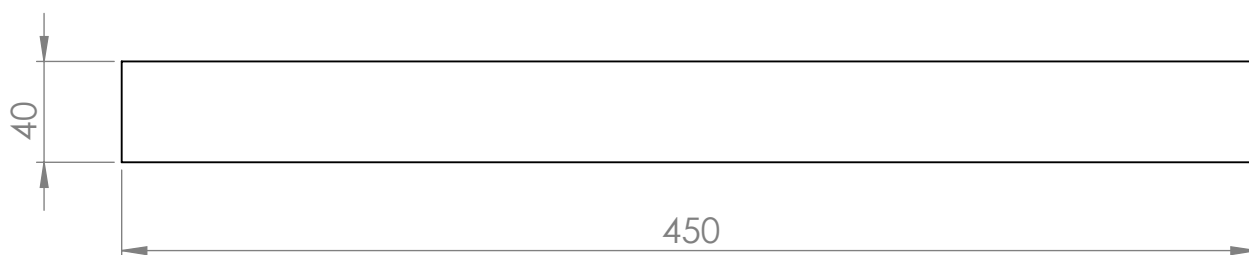
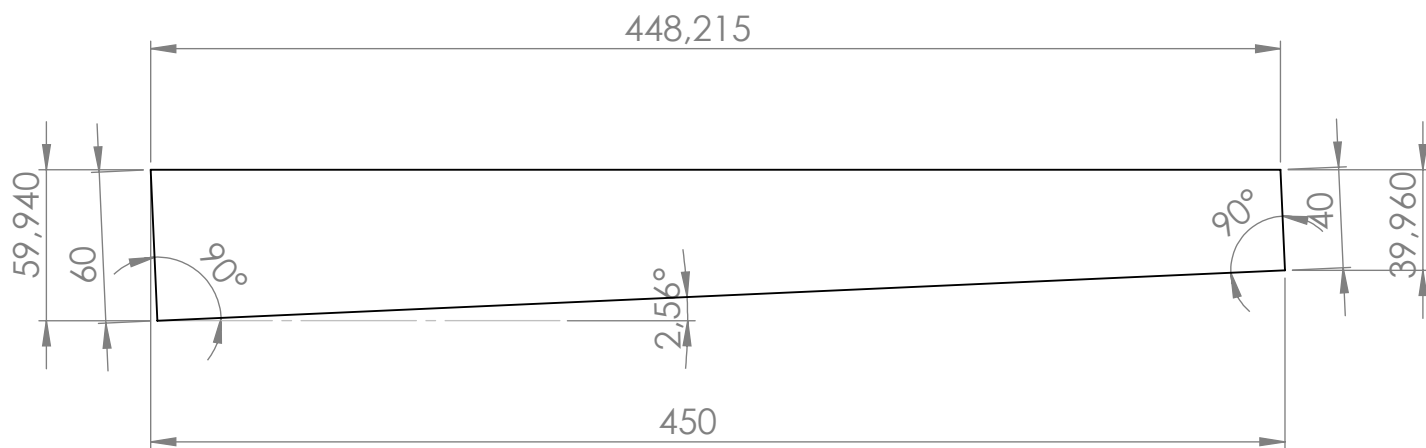


DIBUJADO POR:
Ismael García García

PLANO:
Pipa de dirección

A3

ESCALA: 1:2
HOJA 1 DE 1



DIBUJADO POR:

Ismael García García

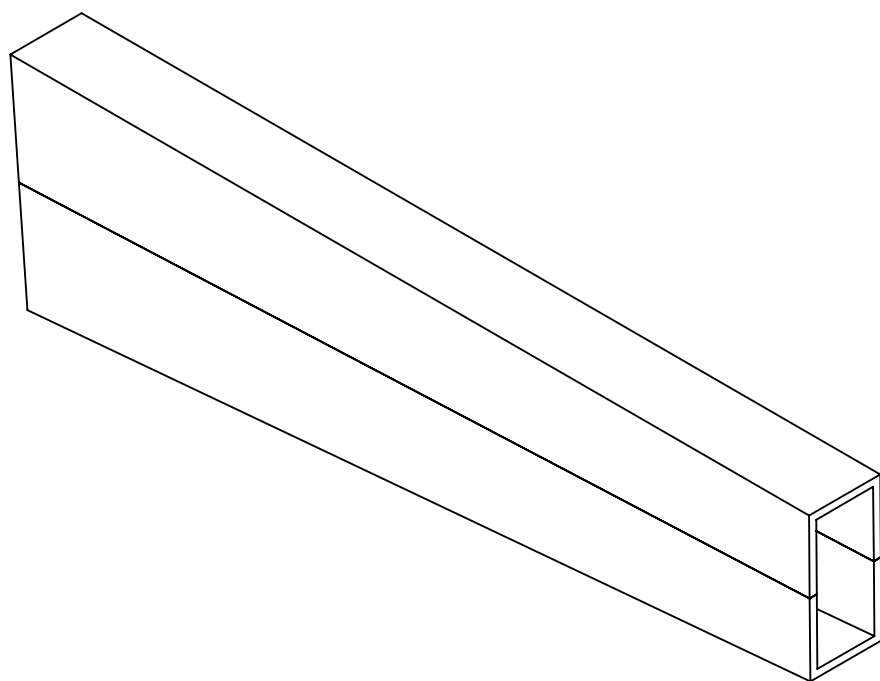
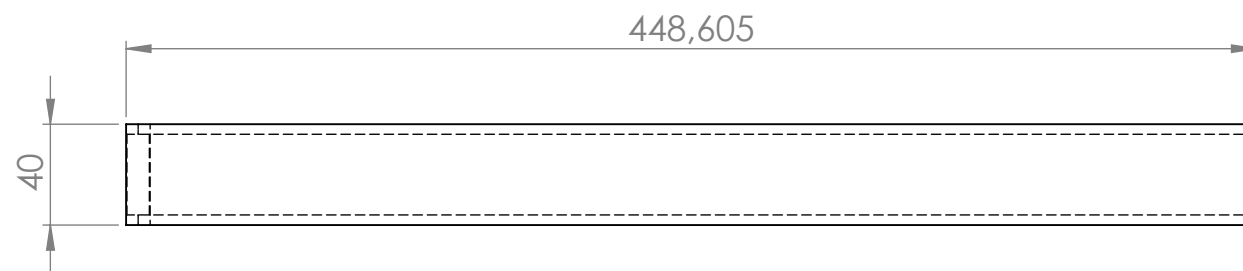
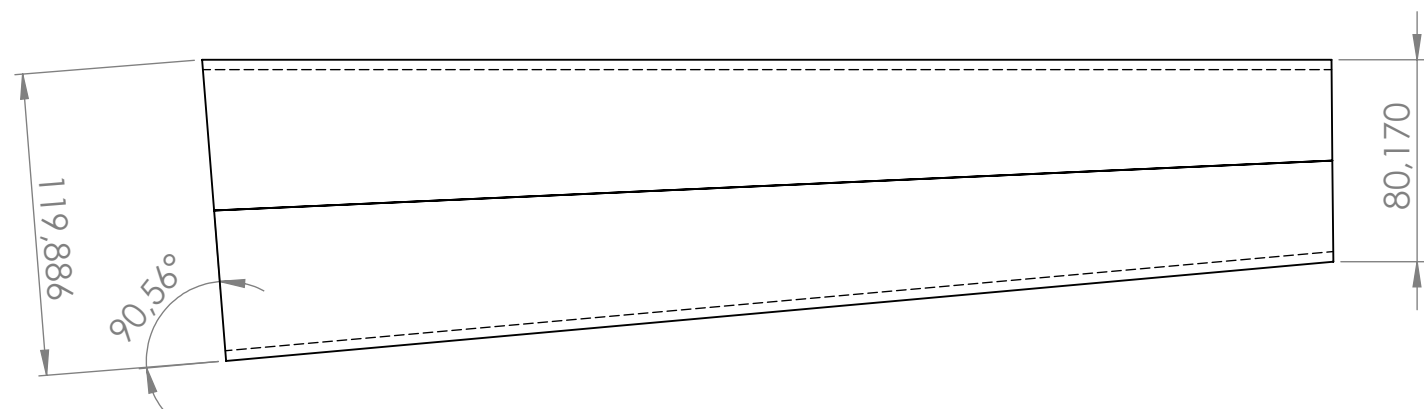
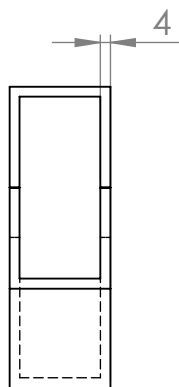
PLANO:

Perfil para viga

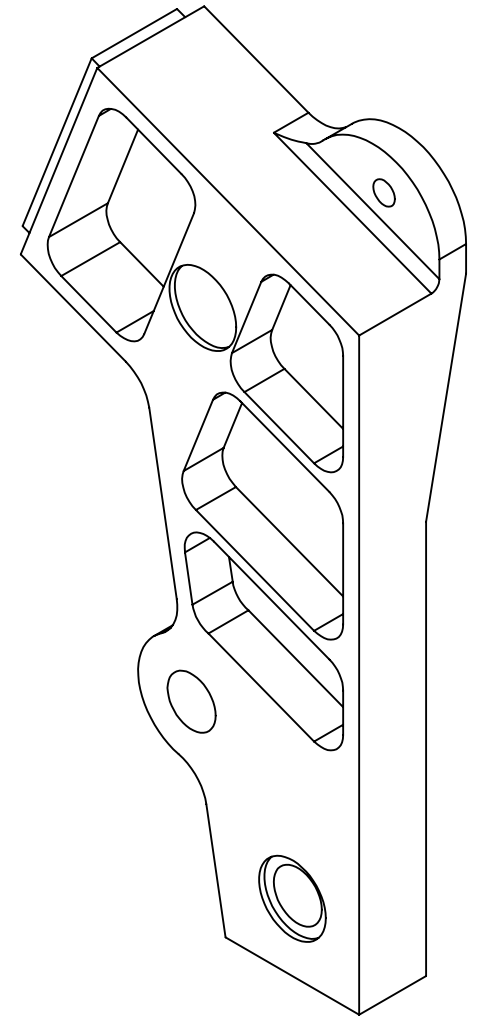
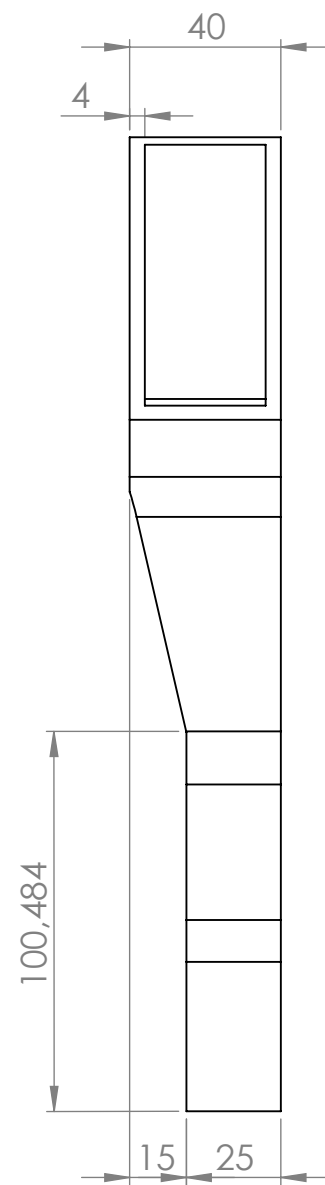
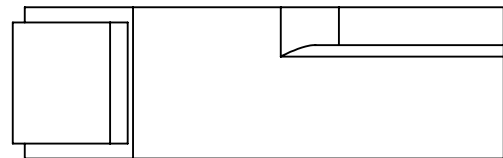
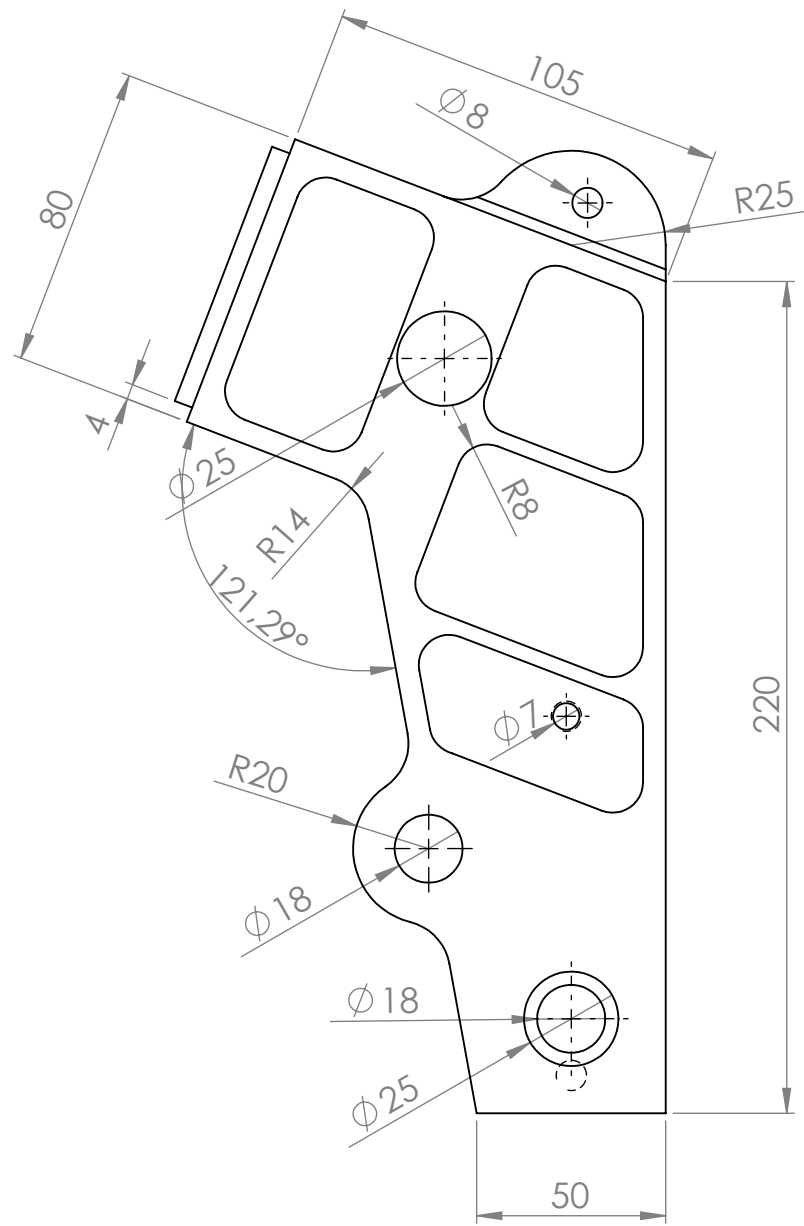
A4

ESCALA 1:3

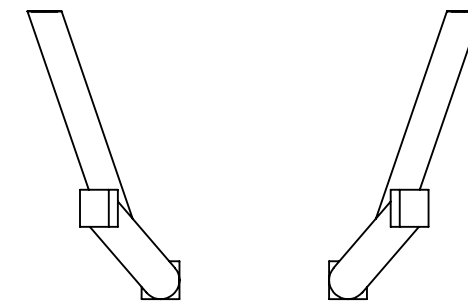
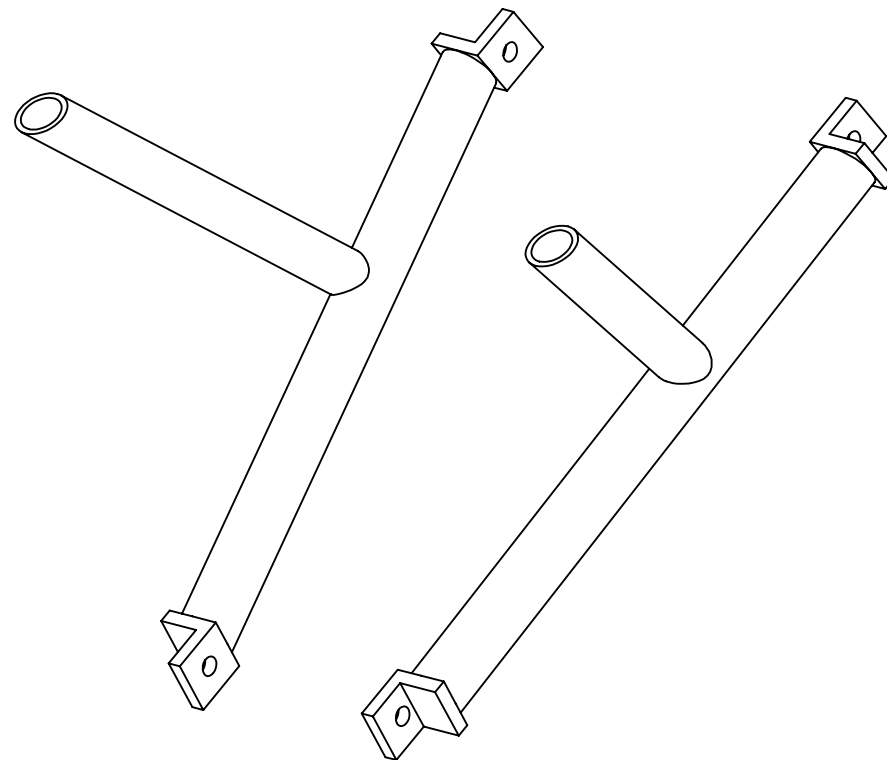
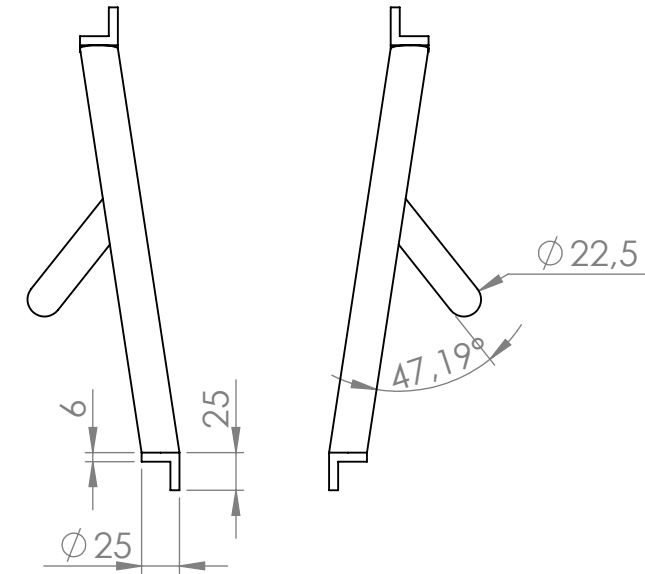
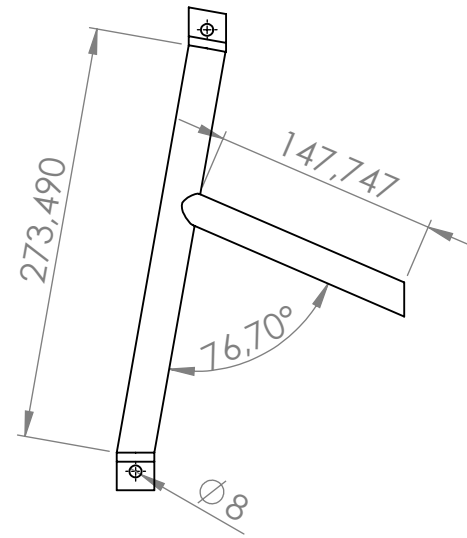
HOJA 1 DE 1



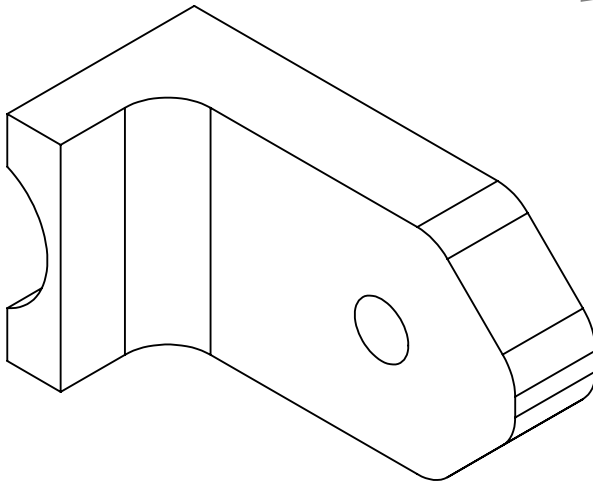
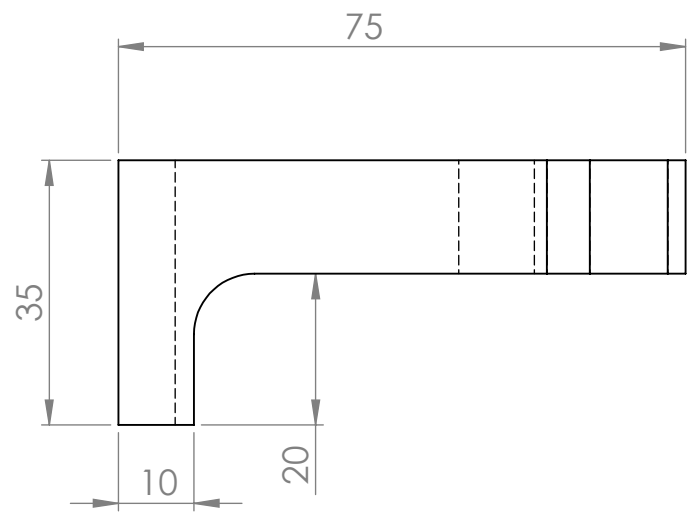
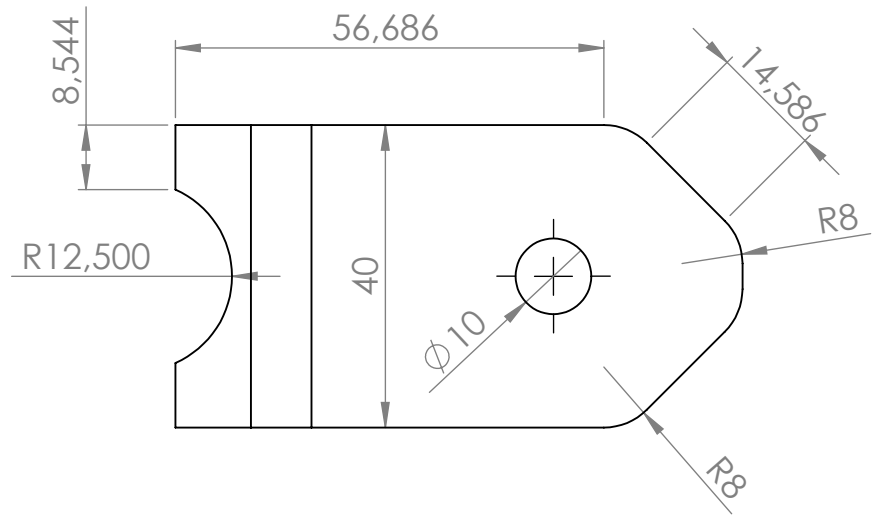
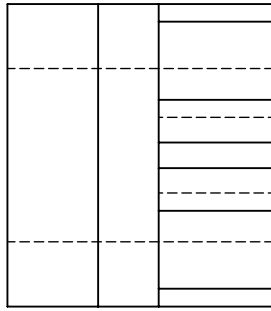
DIBUJADO POR:			Ismael García García
PLANO:		Viga	A3
ESCALA 1:3		HOJA 1 DE 1	



DIBUJADO POR:		
Ismael García García		
PLANO:		A3
ESCALA:1:2		HOJA 1 DE 1



DIBUJADO POR:		Ismael García García	
PLANO:		Sujeción delantera del motor	A3
ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1	



DIBUJADO POR:

Ismael García García

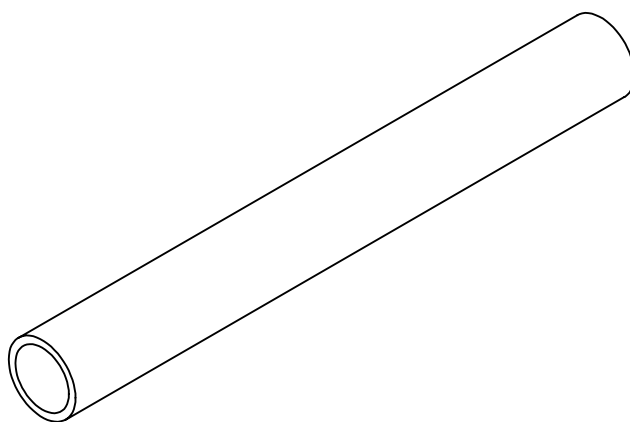
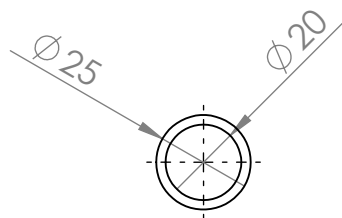
PLANO:

Anclaje suspensión trasera

ESCALA:1:1

HOJA 1 DE 1

A4



DIBUJADO POR:

Ismael García García

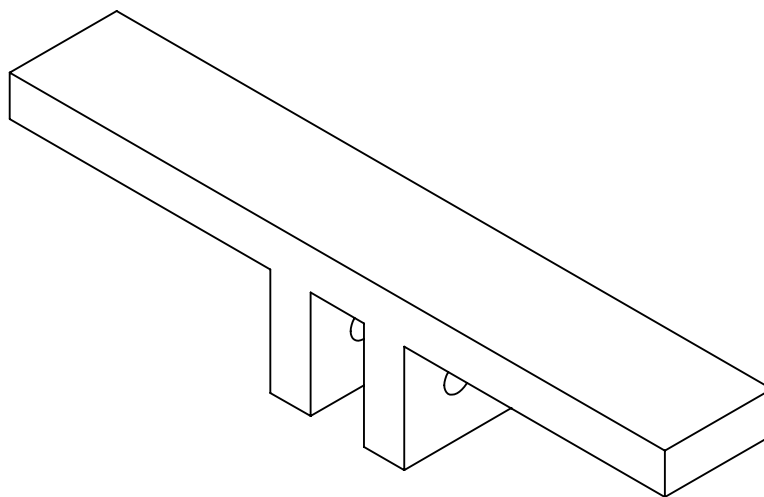
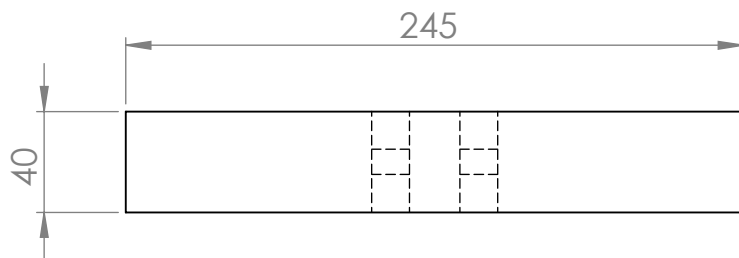
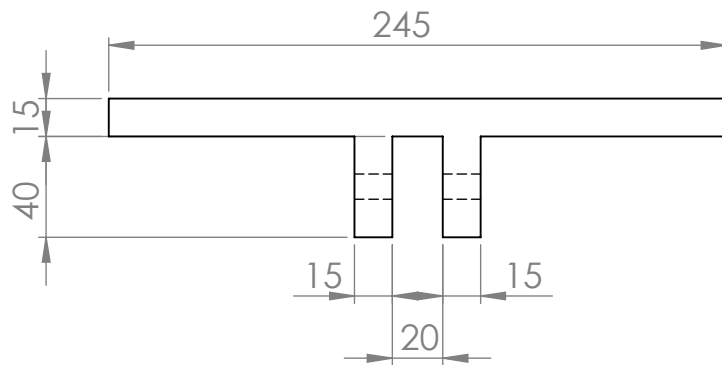
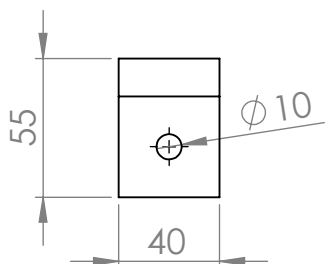
PLANO:

Tubo de 25mm

A4

ESCALA 1:2

HOJA 1 DE 1



DIBUJADO POR:

Ismael García García

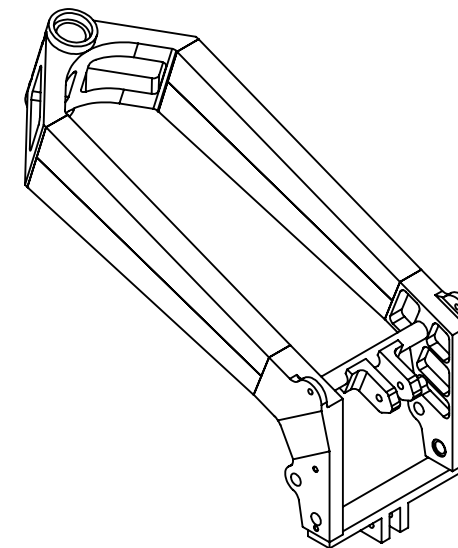
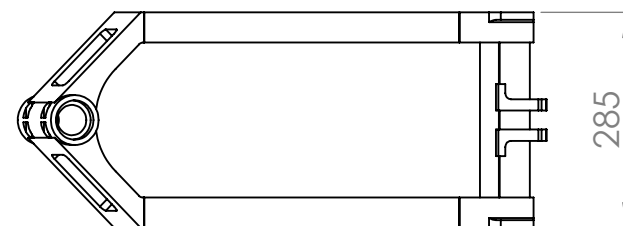
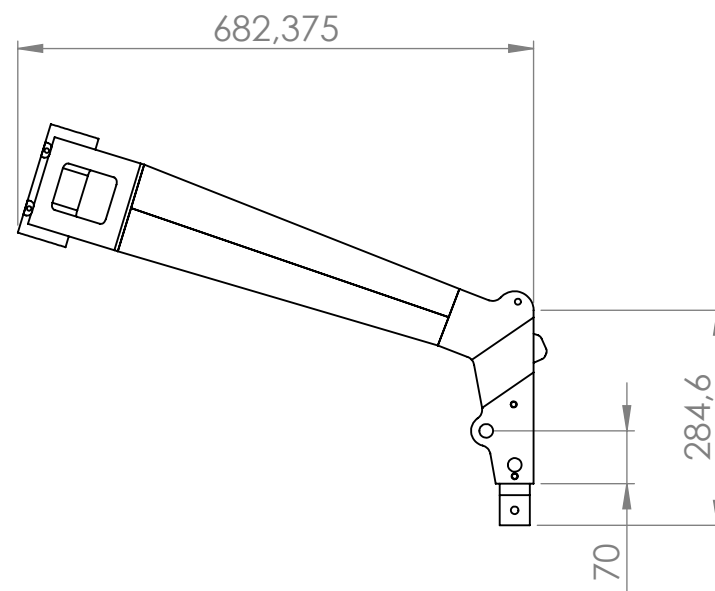
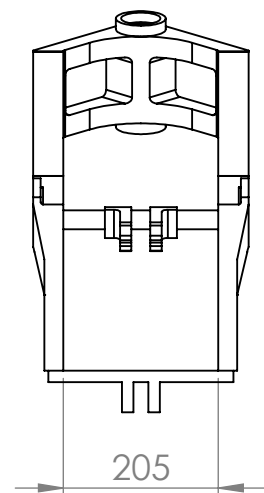
PLANO:

Anclaje inferior suspensión trasera

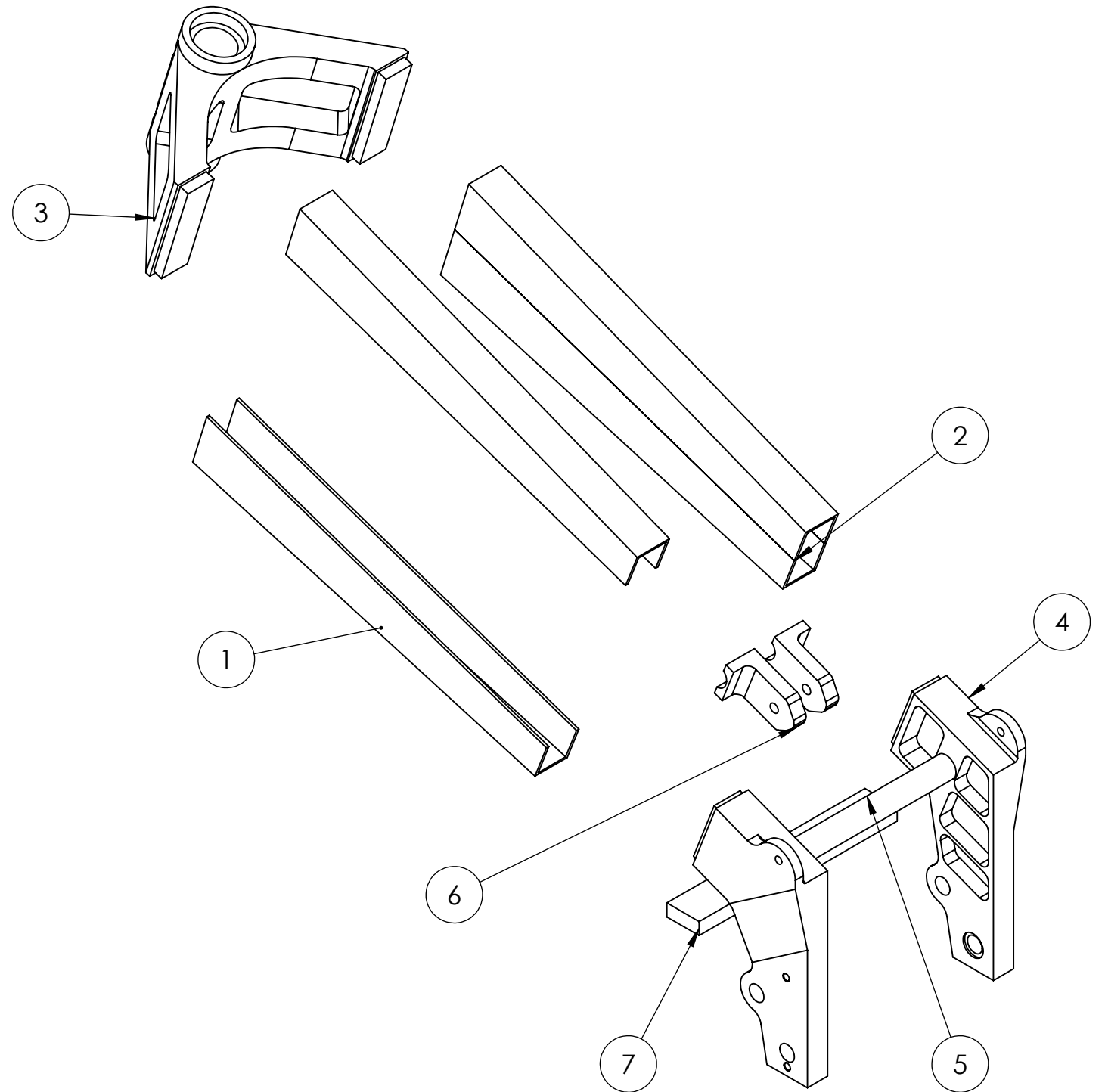
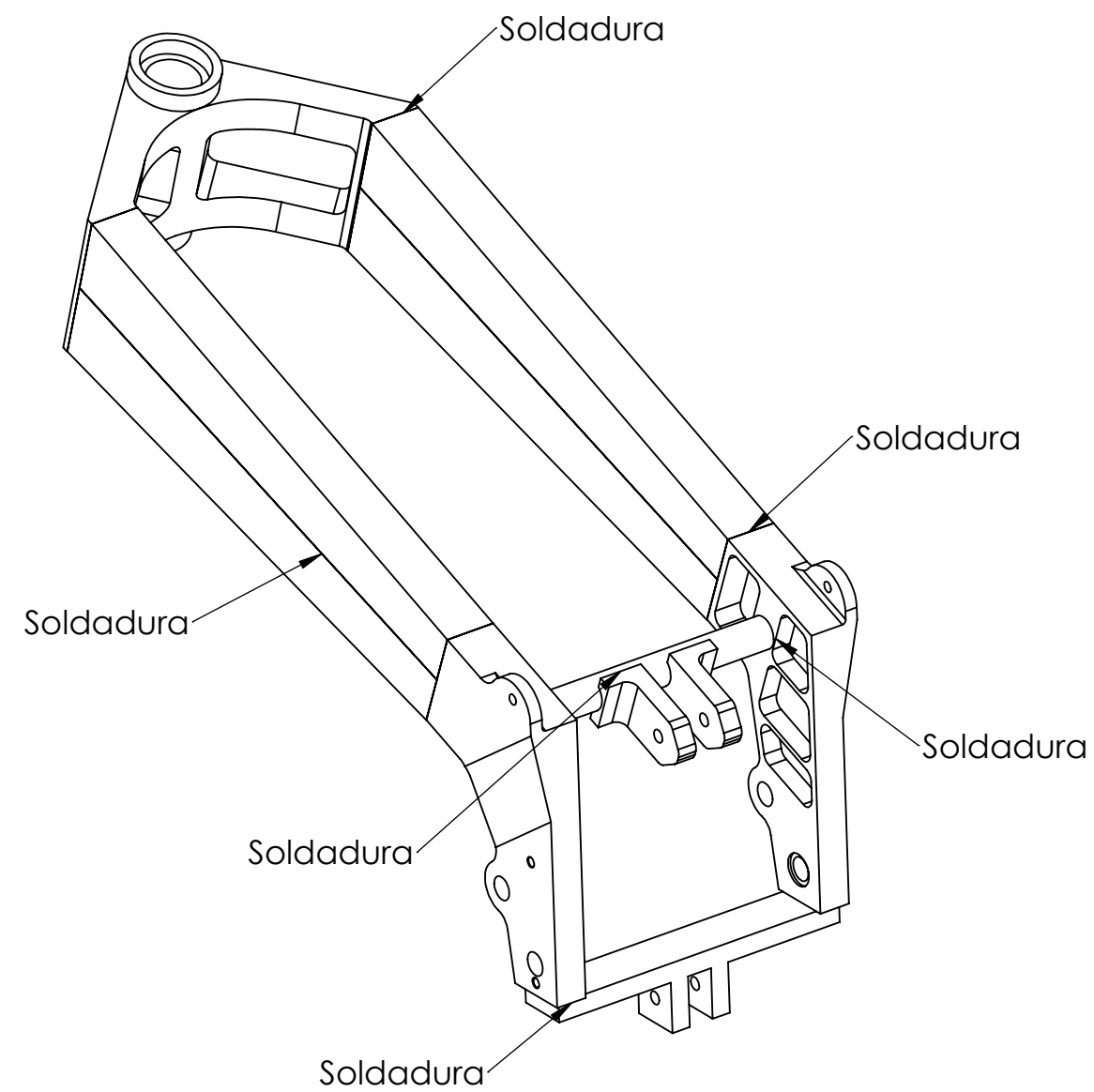
ESCALA 1:3

HOJA 1 DE 1

A4



DIBUJADO POR:		
Ismael García García		
PLANO:	Chasis definitivo	A3
ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1	



Número	Descripción	Material
1	Perfil para viga	Aluminio 6063 T5
2	Vigas	Aluminio 6063 T5
3	Pipa de dirección	Aluminio 6082 T6
4	Pletinas	Aluminio 6082 T6
5	Tubo para sujeción suspensión trasera	Aluminio 6063 T5
6	Pletinas para sujeción suspensión trasera	Aluminio 6082 T6
7	Perfil para sujeción suspensión trasera	Aluminio 6082 T6

DIBUJADO POR:		Ismael García García
PLANO:		Chasis explosionado
ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1	A3

ANEXO 6

ARTÍCULOS DE PRENSA Y OPINIONES ACERCA DEL CHASIS

Todas las pruebas y opiniones de expertos han sido recogidas en los diferentes artículos y reportajes especializados que han ido apareciendo en la prensa nacional.

Como ejemplo y muestra, se adjunta un fragmento del artículo aparecido en la revista nacional líder en el sector, “Motociclismo”. En él, el piloto probador coloca la motocicleta del equipo MotoUPCT como su preferida, subrayando una vez más el paso por curva de ésta.



Figura 11.12. Artículo de revista especializada

TEST EN MOTORLAND

«Examinador» por un día

Las pruebas dinámicas se realizaron en la tarde del sábado y tuve la oportunidad de probar una a una todas las motos de los equipos participantes en el trazado corto de MotorLand, denominado Trazado Nacional. Quedé realmente sorprendido con algunos de los proyectos que, incluso utilizando soluciones técnicas arriesgadas en las suspensiones, consiguieron un comportamiento dinámico bastante digno. También me llamó la atención que muchos equipos estaban tan centrados en el rendimiento de la parte ciclo que descuidaron la puesta a punto del motor, algo básico de cara a la carrera. Hubo problemas de carburación y de desarrollos que no se pudieron solventar por no disponer de algo tan simple como unos chiclés, piñones y coronas. De todo se aprende. Una de las motos que más me gustó fue la de la Universidad de Cartagena, nada más subirme se sentía como una auténtica moto de carreras, daba mucha confianza en el paso por curva; una pena que no pudieran hacer la carrera, rompieron el motor en los cronometrados. La moto que compartía box con ellos, la de la Universidad Politécnica de Madrid, fue otra que me gustó, con un chasis ligero y preciso y una perfecta puesta a punto de motor. Los italianos de la Universidad de Turín desarrollaron un sistema de inyección electrónica propio que proporcionaba al motor un rendimiento algo superior al resto, todos con carburadores. De chasis y geometrías andaban bien aunque en curvas lentas hacía algún extraño. Es loable el esfuerzo realizado de todos los futuros ingenieros, comprobar en primera persona las ideas que han llevado a cabo y ver la ilusión con que afrontan esta competición, ha sido toda una experiencia. Mi más sincera enhorabuena.

Figura 11.13. Artículo de la revista motociclismo

Otros ejemplos de la repercusión del proyecto del equipo MotoUPCT para la "II Competición Internacional MotoStudent" son los artículos recogidos en los periódicos regionales *La Opinión* y *La Verdad*. También la Universidad Politécnica de Cartagena publicó, en la portada de su web, noticias sobre el proyecto.

El equipo MOTO UPCT entre los mejores en pruebas dinámicas en el Circuito de Aragón



 Ampliar Imagen
MOTOFOOTBUENA

15 de octubre, 2012.- El equipo MotoUPCT, integrado por alumnos de Ia Escuela de Industriales, ha conseguido una digna posición en la II Competición Internacional Motostudent, que se ha celebrado durante este fin de semana en El Circuito de Aragón (Motorland-Alcañiz) en la que se han reunido más de 200 universitarios de distintas universidades españolas y europeas. En la fase MS1 (Proyecto Industrial) el equipo ha alcanzado la décima posición con 297 puntos, donde valoraron las habilidades de los alumnos para diseñar, realizar cálculos técnicos y planificar la producción de 500 motocicletas de 250 cc y 4T. En la fase MS2, la motocicleta tuvo que superar distintas pruebas de seguridad estáticas y dinámicas: pruebas en banco, aceleración, handling, frenada y prueba en pista. Durante estas pruebas el equipo MotoUPCT alcanzó un gran nivel, quedando clasificado entre las tres favoritas de esta prueba y siendo felicitado por los distintos pilotos probadores. En los entrenamientos libres del domingo, la motocicleta rodó entre los mejores tiempos por vuelta, pero finalmente una avería mecánica impidió que se confirmaran tan buenas expectativas. El Vicerrector de Estudiantes y Extensión Universitaria Francisco Martínez González y el director de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Luis Javier Lozano han felicitado al equipo por los resultados obtenidos y el gran esfuerzo realizado.

El equipo MotoUPCT está compuesto por los alumnos Daniel Albaladejo, José Daniel Camacho, Lucas Sánchez, Sergio de Haro, Ismael García, Antonio A. López, José Mendoza, Alberto Marín, Carlos Rea, la piloto Ana Belén Mulero y el coordinador Horacio Sánchez Reinoso agradecen a la UPCT y a todos los colaboradores (TAMAR, Turbokit, Rectificadora Levante, SAIT, Circuito de Velocidad de Cartagena, y el Instituto Politécnico) su apoyo para el desarrollo de este proyecto.

Portada de www.upct.es

laopiniondemurcia.es

NOTICIAS
Cartagena

HEMEROTECA »

PORTADA REGIÓN ACTUALIDAD DEPORTES ECONOMÍA OPINIÓN

Comunidad Murcia **Cartagena** Municipios Farmacias de Guardia Rutas Turísticas Elecciones 2011 Terre

laopiniondemurcia.es » Cartagena

UPCT

La UPCT y otras treinta universidades luchan por el mejor prototipo de moto

La competición Motostudent busca vivir la profesión de ingeniero antes de terminar los estudios

VOTE ESTA NOTICIA ☆☆☆☆☆



Tweet 0

Recomendar 0

SALVADOR GONZÁLEZ La Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) competirá junto a otras treinta universidades españolas y extranjeras por conseguir el mejor prototipo de motocicleta, dentro de la iniciativa 'Motostudent' que se desarrolla del 11 al 14 de octubre en la Ciudad del Motor del Circuito de Aragón, en Alcañiz, Teruel.



Miembros del equipo MotoUPCT, trabajando en el proyecto. L.O.

El objetivo de la competición es desarrollar cierto tipo de habilidades entre los participantes, como vivir la profesión de ingeniero antes de terminar los estudios, agudizar el ingenio buscando la mejor innovación tecnológica dentro de las posibilidades económicas existentes, trabajar en equipo, responsabilidad y toma de decisiones, trabajo bajo un presupuesto, diseño, análisis y planificación de procesos de fabricación. Así, la iniciativa busca demostrar la capacidad de innovación mediante el diseño y desarrollo del proyecto industrial de una motocicleta de 250 centímetros cúbicos de cuatro tiempos para la competición. El modelo de moto deberá ser homologado de acuerdo a los estándares establecidos en la competición actual de Moto 3.

Desde la UPCT se quiere defender el subcampeonato conseguido hace dos años en las pruebas de seguridad, dinámica y carrera real de velocidad donde se pueden alcanzar velocidades similares a las de Moto 3. De hecho, hace dos años, los jueces y expertos en la competición definieron a la moto diseñada y fabricada por los alumnos de la UPCT como la más parecida a una moto de competición profesional de acuerdo a su capacidad de maniobra, frenada y velocidad punta.

Equipo y piloto

El equipo formado para desarrollar el prototipo está formado por el director técnico Heracio Sánchez Reinoso, del departamento de Ingeniería de Materiales y Fabricación; junto a los profesores colaboradores Francisco Vera y José Pérez, de Ingeniería Térmica y Fluidos; Mariano Saura, de Mecánica; y Manuel Estrems, de Ingeniería de Materiales. Junto a ellos, los alumnos Daniel Albaladejo, José Daniel Camacho, Lucas Sánchez, Sergio de Haro Bobadilla, Ismael García, Antonio Andrés López, José Mendoza, Alberto Marín y Carlos Rea. La encargada de pilotar la moto será Ana Belén Mulero Fernández.

En el proyecto colaboran TAMAR, Turbokit, Rectificadora Levante, SAIT y el Politécnico.

Artículo en el periódico La Opinión

laverdad.es

Edición: Murcia | Ir a Edición Albacete » Ir a Edición Alicante » Personalizar ▼

Portada Local Deportes Economía Más Actualidad Gente y TV Ocio Participa Blogs Servicios Hemeroteca

Región Murcia **Cartagena** Lorca Comarcas Fiestas ADEMIAS Cultura Opinión Turismo Fotos Vídeos

Estás en: Murcia - La Verdad > Noticias Murcia > Noticias Cartagena > MotoUPCT mantiene alto el listón en Alcañiz

INVESTIGACIÓN

MotoUPCT mantiene alto el listón en Alcañiz

20.10.12 - 01:19 - :: LV. |

0 Comentarios | 1 0 0

El equipo MotoUPCT, integrado por alumnos de la Escuela de Industriales, consiguió una digna posición en la II Competición Internacional Motostudent celebrada en El Circuito de Aragón, en la que se reunieron más de 200 universitarios de distintas universidades españolas y europeas. En la fase MS1 (Proyecto Industrial) el equipo alcanzó la décima posición con 297 puntos, donde valoraron las habilidades de los alumnos para diseñar, realizar cálculos técnicos y planificar la producción de 500 motocicletas de 250 cc y 4T. En la fase MS2, la motocicleta tuvo que superar distintas pruebas de seguridad estáticas y dinámicas: pruebas en banco, aceleración, handling, frenada y prueba en pista. Durante estas pruebas el equipo MotoUPCT alcanzó un gran nivel, clasificándose entre los tres favoritos de la prueba y siendo felicitado por los distintos pilotos probadores.

Artículo en La Verdad. Menciona la meritoria posición en la fase de presentación de proyecto

POLIDEPORTIVO

El equipo de Moto UPCT compite este fin de semana en el circuito internacional de Alcañiz

Jueves 11/10/2012 10:17 | Comentarios

El equipo de Moto UPCT de la Universidad Politécnica de Cartagena defiende este fin de semana el subcampeonato conseguido hace dos años en La Ciudad del Motor del Circuito de Aragón, en Alcañiz, donde el equipo de la UPCT ganó las pruebas de seguridad, dinámica y carrera real de velocidad, en la que se pueden alcanzar velocidades similares a las de Moto 3.

Participa un equipo integrado por nueve universitarios y dos profesores.

El equipo Moto UPCT está formado por estudiantes de Ingeniería Técnica Industrial e Ingeniería Industrial, que están finalizando sus estudios. Todos ellos son unos apasionados del mundo de la moto y se encuentran muy entusiasmados y con muchas ganas e ilusión por hacer el mejor trabajo posible.



Artículo de prensa con parte del equipo MotoUPCT



BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Tony Foale, “Motorcycle Handling and Chassis Design”. Tony Foale. España, 2002.
- ❖ Manuel Arias-Paz Guitián, “Motocicletas” – 33ª Edición. Dossat cie de inversiones editoriales. España, 2006.
- ❖ John Bradley, “The racing Motorcycle: A Technical Guide for Constructors” - Volume 2. Broadland Leisure Publications. Inglaterra, 2003.
- ❖ Bernard Hamrock, Steven Schmid, Bo Jacobson, “Elementos de máquinas” - 2ª Edición. McGraw-Hill Science/Engineering/Math. México, 2000.
- ❖ John Robinson, “Motorcycle Tuning: Chassis” - Second Edition. Butterworth-Heinemann. Inglaterra, 1994.
- ❖ Vittore Cossalter, “Motorcycle Dynamics” – Second Edition. LULU. EEUU, 2006.
- ❖ Gaetano Cocco, “Motorcycle Design & Technology: How and Why”. Giorgio Nada Editore. Italia, 1999.
- ❖ Mick Walker, “Motorcycle: Evolution, Design, Passion”. The Johns Hopkins University Press. Inglaterra, 2006.
- ❖ Keith Noakes, “Motorcycle Road & Racing Chassis”. Veloce Publishing Limited. Inglaterra, 2007.
- ❖ Wayne Scraba, “Practical Fabrication and Assembly Techniques”. Motorbooks. EEUU, 2010.
- ❖ Reglamento “II Competición Internacional MotoStudent”.
- ❖ “Antonio Cobas. Uno de los grandes”. Anesdor. España, 2006.

Páginas Web:

- ❖ <http://www.lumetalplastic.com/>
- ❖ <http://www.matweb.com/>
- ❖ <http://www.artecmoto.com/>

Catálogos, manuales y cursos:

- ❖ Catálogo de Suministros Hurtado.
- ❖ Catálogo de Rectificados Levante.
- ❖ Catálogo de ALU-Stock S.A.
- ❖ Manual de Sistemas y Materiales de Soldadura de la empresa Indura®.
- ❖ Curso Teórico de Puesta a Punto. Impartido por Carlos Morante

Artículos:

- ❖ Artículo de Vittore Cossalter sobre “Efecto Giroscópico”.
- ❖ Artículos Técnicos de Gassattack.com.